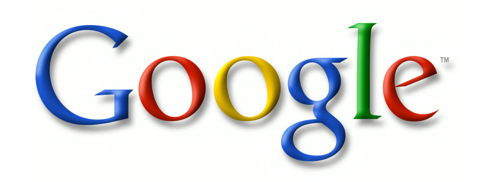
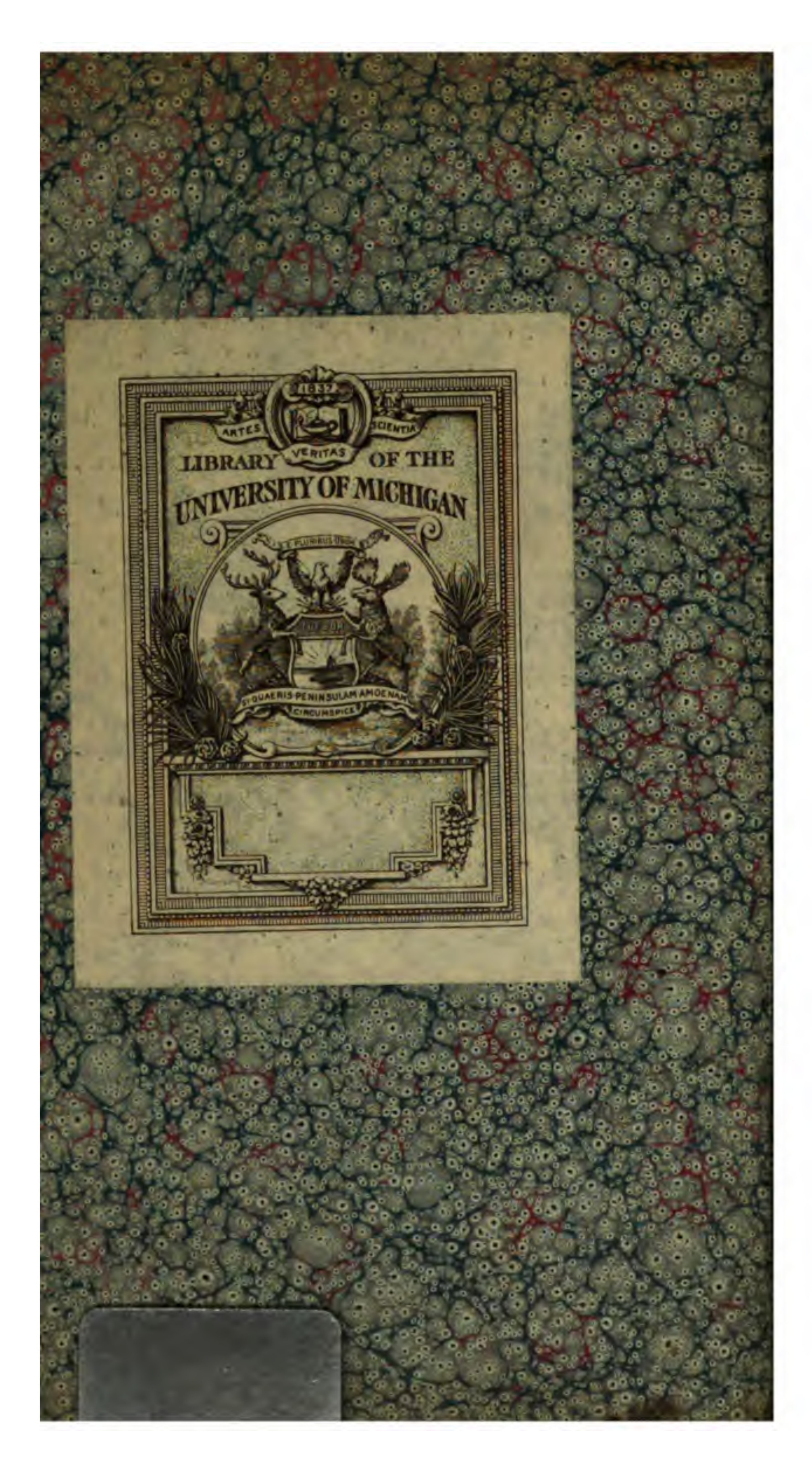
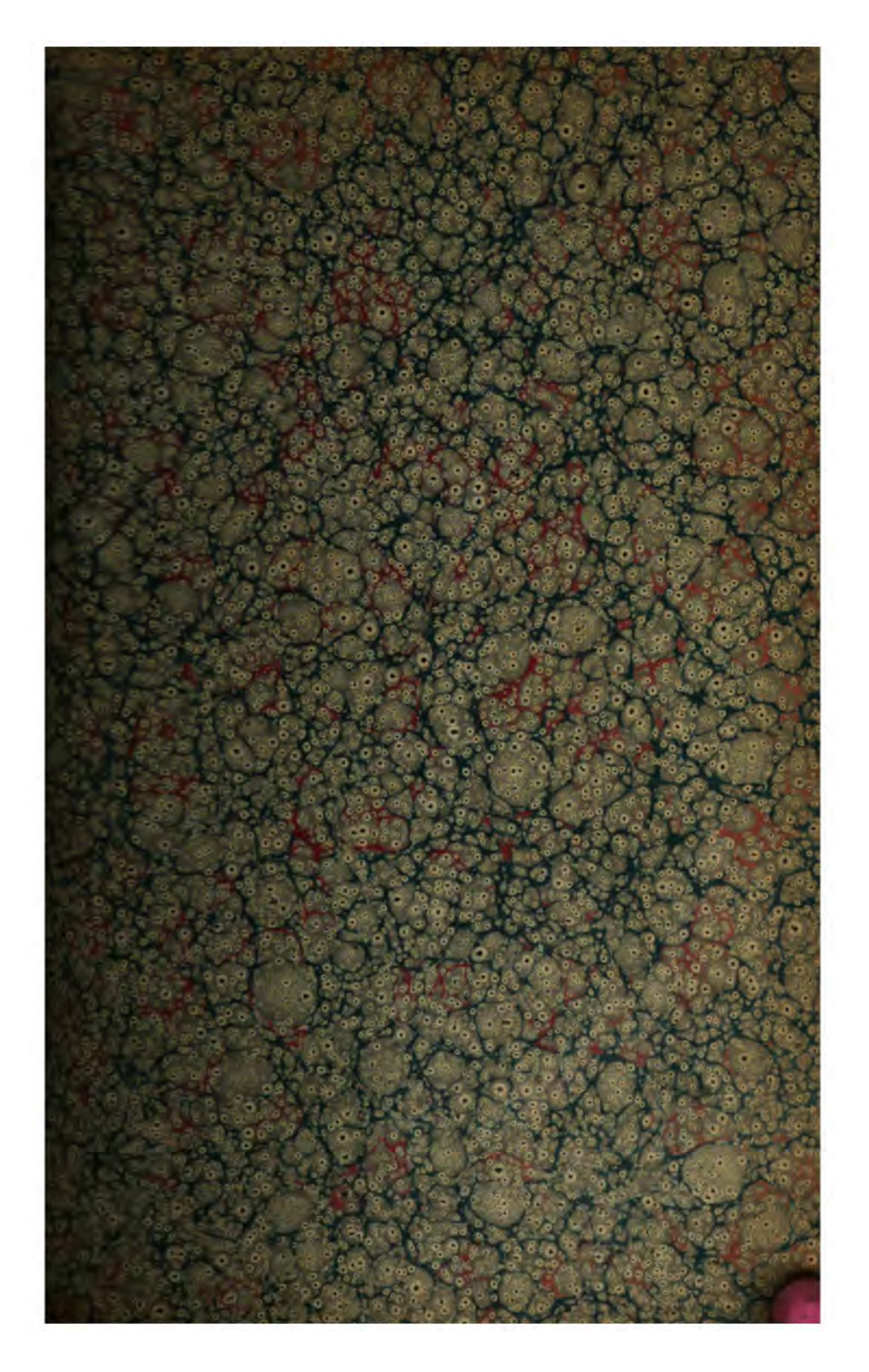

Google


1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



ŒUVRES COMPLÈTES

DE

FRANÇOIS ARAGO

TABLES

PARIS. — IMPRIMERIE DE J. CLAYE, RUE SAINT-BENOIT, 7.



FRANÇOIS ARAGO.

ŒUVRES COMPLÈTES

DE

Dominique Jean

FRANÇOIS ARAGO

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PUBLIÉES

D'APRÈS SON ORDRE SOUS LA DIRECTION

DE

M. J.-A. BARRAL

TABLES

PARIS
GIDE, ÉDITEUR
3 Rue Bonaparte

LEIPZIG
T. O. WEIGEL, ÉDITEUR
Königs-Strasse

1862

DISCOURS DE M. FLOURENS

secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences

PRONONCÉ AUX FUNÉRAILLES

DE FRANÇOIS ARAGO

LE MERCREDI 5 OCTOBRE 1853

Messieurs,

La mort nous surprend toujours.

Depuis plus de six mois, une maladie cruelle devait nous ôter toute espérance de voir M. Arago revenir parmi nous; et cependant le coup qui nous frappe nous a aussi profondément consternés que s'il eût été imprévu.

C'est que le vide que certains hommes laissent après eux est encore plus grand que nos craintes mêmes n'avaient pu nous le représenter, et que

nous n'en découvrons toute l'étendue que lorsqu'il s'est fait; c'est que l'intelligence qui vient de s'éteindre était cette puissante intelligence sur laquelle l'Académie aimait à se reposer : intelligence étonnante, née pour embrasser l'ensemble des sciences et pour l'agrandir, et dans laquelle semblaient se réaliser, en quelque sorte, la noble mission de notre Compagnie, et sa devise même, de *découvrir*, d'*inventer* et de *perfectionner* : *Invenit et perficit.*

Dès le début de sa carrière, M. Arago eut le bonheur le plus enviable pour un jeune homme qui osait déjà rêver un avenir illustre, celui d'être associé à un grand travail. Il fut choisi pour aller en Espagne, avec M. Biot, concourir à l'achèvement de la savante et laborieuse opération géodésique qui nous a donné une mesure plus précise du globe. Sa vive capacité et le courage ardent avec lequel il se dévoua à cette belle entreprise lui valurent, à son retour, l'adoption de l'Académie.

Il avait à peine vingt-trois ans. Sa jeunesse même attira sur lui la plus bienveillante affection; et le Corps qui, de si bonne heure, se plaisait à l'entourer de ses sympathies, le vit bientôt, avec orgueil, les justifier toutes.

Ce n'est point ici le lieu de rappeler tous les travaux d'une vie scientifique des plus actives, des plus passionnées, des plus mobiles. M. Arago avait le génie de l'invention. Il a ouvert des routes. Ses découvertes sur la *polarisation colorée*, sur les rapports de l'*aimantation* et de l'*électricité*, sur ce *magnétisme* qu'on a appelé le *magnétisme de rotation*, sont de ces découvertes supérieures qui nous dévoilent des horizons inconnus, et fondent des sciences nouvelles.

Il ne fut ni moins habile ni moins heureux dans une autre voie de découvertes. M. Arago ne s'isolait pas dans ses propres succès; il voulait, avec la même ardeur, les succès du Corps auquel il appartenait. Il se faisait un devoir de chercher et d'encourager les jeunes talents qui promettaient de nouvelles gloires à l'Académie : aussi, dans la carrière des sciences, n'est-il presque aucun de ses contemporains qui ne lui reste attaché par les liens de la reconnaissance.

M. Arago fut appelé à remplacer, en 1830, M. Fourier, comme secrétaire perpétuel. Dès qu'il parut à ce poste, une vie plus active sembla circuler dans l'Académie. Il savait, par une familiarité toujours pleine de séduction dans un homme supérieur, gagner la confiance, et se

concilier à propos les adhésions les plus vives; ce don, cet art du succès, il le mit tout entier au service du Corps dont il était devenu l'organe. Jamais l'action de l'Académie n'avait paru aussi puissante et ne s'étendit plus loin. Les sciences semblèrent jeter un éclat inaccoutumé, et répandre, avec plus d'abondance, leurs bienfaisantes lumières sur toutes les forces productives de notre pays.

A une pénétration sans égale se joignait, dans M. Arago, un talent d'analyse extraordinaire. L'exposition des travaux des autres semblait être un jeu pour son esprit. Dans ses fonctions de secrétaire, sa pensée rapide et facile, le tour spirituel, les expressions piquantes, captivaient l'attention de ses confrères, qui, toujours étonnés de tant de facultés heureuses, l'écoutaient avec un plaisir mêlé d'admiration.

Lorsque les progrès de la maladie lui eurent fait perdre la vue, toutes les ressources du génie si net et si vaste de M. Arago se dévoilèrent pour qui siégeait à côté de lui. De nombreux travaux sur les sujets les plus compliqués et les plus ardus, après une seule lecture entendue la veille, se retraçaient, à la plus simple indication, dans une mémoire infaillible, avec ordre, avec suite;

et tout cela se faisait naturellement, aisément, sans aucune préoccupation visible. La facilité de la reproduction en dérobait la merveille.

Comme historien de l'Académie, M. Arago apportait dans cette sorte de sacerdoce si difficile et si redoutable, où il s'agit de pressentir le jugement de la postérité, une conscience d'études, une force d'investigation, un désir d'être complétement équitable, qui marquent à ses *Éloges* un rang éminent. Dans ces écrits de l'éloquent secrétaire perpétuel se retrouvent toutes les qualités de son esprit : une verve brillante, de la vigueur, de l'élan, un certain charme de bonhomie.

Interprète de cette Académie dans laquelle M. Arago a siégé pendant près d'un demi-siècle, j'ai voulu ne parler que de l'homme qui nous a appartenu.

Cet homme doit survivre pour rester une des illustrations scientifiques de notre pays.

Les nobles vétérans de la science dans toutes les parties du monde civilisé, de Berlin à Londres, de Saint-Pétersbourg à Philadelphie, s'associeront à notre deuil.

Les générations studieuses, qui depuis qua-

rante ans se sont succédé, rediront à cette intelligente et patriotique jeunesse, qui aujourd'hui les remplace dans nos brillantes écoles, combien il sut s'y faire aimer, et tout ce qu'avait de puissance la bonté sympathique du maître sur la tombe duquel elles viennent apporter, en ce moment, l'hommage de leur douleur.

Cet homme, en qui se réunissaient tant de supériorités, remplit une partie de sa vie par le culte de la famille. Il avait connu toutes les douceurs de la piété filiale; le lien de ses affections s'étendit sans jamais s'affaiblir; ses frères, ses sœurs furent toujours chez lui sous le toit paternel; ses enfants et les leurs lui appartenaient également : aussi trouva-t-il une fille [1] dont les soins pieux et touchants doivent recevoir aujourd'hui le tribut de la reconnaissance de l'Académie.

1. Dans sa nièce, madame Laugier, fille de M. Mathieu.

NOTICE CHRONOLOGIQUE

SUR LES

ŒUVRES D'ARAGO

I. — Introduction.

Dans la Notice autobiographique que M. Arago a intitulée : *Histoire de ma jeunesse*, l'illustre savant rapporte que la première lettre qu'il reçut, en arrivant au lazaret de Marseille (juillet 1809), après sa double captivité en Espagne et en Afrique, était d'un homme déjà en possession d'une réputation européenne, mais qu'il n'avait jamais vu. M. de Humboldt, sur ce qu'il avait entendu dire des malheurs de M. Arago, lui offrait son amitié.

Telle a été, ajoute M. Arago, la première origine d'une liaison qui a duré près d'un demi-siècle, sans qu'aucun nuage l'ait jamais troublée.

Lorsque, deux mois après la mort de M. Arago, M. de Humboldt écrivit l'introduction placée à la tête des Œuvres

de son illustre ami, il rappela cette circonstance, dont il avait conservé un souvenir aussi vif que M. Arago lui-même.

Au moment où il apprenait à Berlin la mort du secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences de Paris, M. de Humboldt rendait ce pieux hommage à celui qui venait de descendre dans la tombe : « Je suis fier de penser que, par mon tendre dévouement et par la constante admiration que j'ai exprimée dans tous mes ouvrages, je lui ai appartenu pendant quarante-quatre ans, et que mon nom sera quelquefois prononcé à côté de son grand nom. »

Lorsque deux grands hommes ont eu l'un pour l'autre de pareils sentiments, celui qui survit est bon juge du soin de la gloire de celui qui pour toujours a quitté ce monde.

M. Arago m'avait prescrit l'arrangement qu'il voulait que l'on adoptât dans la publication de ses Œuvres; j'ai scrupuleusement suivi les indications que i'avais recueillies de sa bouche.

M. de Humboldt, en m'adressant de bienveillantes félicitations sur l'accomplissement de la tâche ardue qui m'était échue, a bien voulu ajouter ce conseil : « M. Arago est revenu à plusieurs reprises sur les diverses parties de ses Œuvres; il en a retouché quelques-unes, même dans les dernières années de son existence. Il serait intéressant de savoir à quelles époques ont été composés ses principaux écrits, à quelles époques il a modifié ses idées sur quelques-uns des grands problèmes où il a le plus contribué à porter la lumière. Il

faudrait, autant que possible, fixer par des dates les pensées d'un homme dont la vie scientifique a été si intimement liée au mouvement des sciences dans la première moitié du XIXe siècle. »

J'ai considéré ce conseil comme un ordre, et je viens remplir dans cette notice le devoir qu'il m'a imposé.

Je suivrai la classification adoptée dans la publication des Œuvres, et successivement je passerai en revue, pour en faire l'histoire, l'Astronomie populaire (4 volumes), les Notices biographiques (3 volumes), les Notices scientifiques (5 volumes), les Instructions, Rapports et Notices sur les questions à résoudre dans les voyages scientifiques (1 volume), les Mémoires scientifiques (2 volumes), les Mélanges (1 volume).

C'est en 1849 que M. Arago me fit l'honneur de me faire part de son désir de publier ses Œuvres. Déjà sa santé était profondément altérée. Sa vue s'affaiblissait de jour en jour. Il commençait à ne plus pouvoir ni lire ni écrire d'une manière continue. Bientôt il prit le parti de dicter, d'abord à des membres de sa famille, ensuite à une personne qui pourrait lui consacrer tout son temps.

M. Albert Terrien, ancien élève de l'École polytechnique, professeur de physique à l'école municipale Turgot, fut le premier secrétaire de M. Arago. Il ne put remplir cette fonction que pendant quelques mois.

M. Goujon, élève astronome de l'Observatoire, succéda à M. Terrien, et, jusqu'à la veille de la mort de M. Arago, recueillit les paroles du maître vénéré.

Une grande partie des manuscrits qui ont servi à l'impression des Œuvres de M. Arago est de la main

de M. Goujon, qui, pendant plus de trois ans, a écrit presque tous les jours, durant près de dix heures chaque jour, sous la dictée du savant astronome.

Le travail accompli par l'illustre directeur de l'Observatoire de Paris, dans les dernières années de sa vie, a été immense. Il se faisait faire des lectures dès le matin, avant l'heure à laquelle M. Goujon venait pour prendre la plume, et, le plus souvent, les lectures recommençaient le soir, malgré la fatigue qu'avaient produite dix heures d'une dictée continue. Admirable, étonnante ardeur dans un vieillard devenu presque aveugle !

M. Arago ne pouvait plus faire de recherches bibliographiques; il lui fallait quelqu'un qui, sur ses indications, sût retrouver facilement, surtout promptement, les passages qu'il avait remarqués dans les ouvrages les plus variés, dont il avait lu une prodigieuse quantité, et dont il se rappelait avec une précision merveilleuse de nombreuses pages. Il me confia ce soin.

Une grande mémoire, dont j'avais eu occasion de lui donner quelques preuves, a été la raison d'un choix que je regarde comme un précieux honneur. C'est encore à cause de ma mémoire que M. Arago improvisait devant moi de longs chapitres. Il ne voulait pas que leur composition se ressentît de l'impatience que lui donnait la nécessité d'attendre que la main alourdie de son secrétaire pût suivre l'expression habituellement si rapide et si vive de sa pensée. J'étais chargé de reproduire ensuite ce que j'avais entendu. Mes notes, qui lui étaient relues, étaient alors corrigées et rectifiées.

La grande préoccupation de M. Arago pendant tout

ce temps était de pouvoir achever ses Œuvres, compléter ses recherches, vérifier des faits qu'il avait soupçonnés ou aperçus. MM. Fizeau, Léon Foucault, Jamin, Laugier, Petit, Goujon, Charles Mathieu, se sont occupés de poursuivre plusieurs des expériences qui avaient été commencées ou du moins indiquées dans leur principe par M. Arago; je reçus aussi la mission de vérifier quelques conséquences prévues par mon vénéré maître. Ce qu'il souhaitait surtout, c'était que la mort ne vînt pas le saisir avant que ses manuscrits fussent en état d'être livrés à l'impression. A cet égard, ses vœux ardents ont été satisfaits. Mais il eût voulu que cette impression fût commencée de son vivant; déjà il s'était mis en rapport avec plusieurs éditeurs pour discuter les conditions dans lesquelles aurait lieu la publication. Il hésitait cependant à conclure un traité. Jamais il n'avait affronté sans beaucoup d'hésitation l'épreuve, selon lui redoutable, de l'impression. Il lisait et relisait ses manuscrits, les corrigeant sans cesse; il donnait connaissance à ses amis des passages pour lesquels il redoutait la critique; il recueillait les avis afin de les peser mûrement, et afin d'y faire droit plus tard, s'il trouvait fondées les observations qui lui avaient été faites. On conçoit qu'avec de telles habitudes, il devait appréhender de remettre ses Œuvres entre les mains d'un imprimeur à une époque où, devenu presque aveugle, il ne pouvait plus surveiller lui-même leur correction typographique. Déjà, avant que sa santé fût altérée, il communiquait ses épreuves à plusieurs membres de sa famille, notamment à MM. Mathieu et Laugier, en leur demandant leurs

corrections; il les faisait aussi passer sous les yeux de M. Babinet, dont la vaste érudition lui inspirait la plus grande confiance. Sa perplexité était devenue excessive; dès 1851, il ne pouvait plus la cacher.

En insérant dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes* pour cette année, sous forme d'une notice scientifique, un livre de son *Traité d'astronomie populaire*, relatif au calendrier, il disait : « Quoique j'aie pris tous les soins dont je suis capable pour éviter les inexactitudes que j'avais à craindre en traitant une question qui exigeait à la fois des recherches scientifiques, historiques et d'érudition; quoique j'aie puisé aux meilleures sources, telles que Clavius, Gassendi, Blondel, Delambre, Daunou, etc., je ne sais si je dois me flatter que des erreurs plus ou moins graves ne se seront pas glissées dans mon travail. Je recevrai avec reconnaissance les rectifications qu'on voudra bien m'indiquer, ma seule prétention ayant été de répandre un peu de clarté sur un sujet que les astronomes de profession eux-mêmes abordaient avec répugnance, à cause de sa complication. Au reste, l'état actuel de mes yeux m'autorise à réclamer l'indulgence du public; il aura la bonté de songer, en parcourant ce long article, que je n'ai pu corriger les épreuves moi-même. »

L'année suivante, en publiant sa Notice sur la scintillation, il avait soin de la faire précéder de cette note : « Je dois prier le lecteur de vouloir bien excuser les négligences de rédaction et les fautes d'impression qui se seront sans doute glissées dans ce long article. On aura la bonté de considérer qu'un quasi-aveugle ne

pouvait pas présider convenablement à la correction des épreuves. »

Enfin, en livrant à l'impression, au commencement de 1853, année de sa mort, la biographie de Bailly, il disait : « Je demande excuse d'avance pour les fautes typographiques, et même, s'il y a lieu, pour les incorrections grammaticales qui auront pu se glisser dans les pages qu'on va lire. Le public, qui m'a toujours honoré de sa bienveillance, aura la bonté de remarquer qu'étant devenu presque complétement aveugle, je n'ai pas pu présider directement à la révision des épreuves. »

Les scrupules extrêmes de M. Arago m'étant bien connus, j'ai peut-être eu trop d'audace d'accepter la mission de surveiller la publication de ses Œuvres ; à ce moment au moins, je pouvais avoir l'espoir d'être soutenu par sa haute intelligence dans l'accomplissement du devoir que M. Arago imposait à mon admiration pour son génie, à mon dévouement pour sa personne. La mort ne tarda pas à m'enlever sa bienveillante direction, qui eût couvert ma responsabilité devant le public. Je suis malheureusement resté seul. Quoique j'aie fait tous mes efforts pour remplir dignement la lourde tâche qui m'incombait, je sais que quelquefois j'ai dû faillir. Je recevrai avec reconnaissance l'indication de toutes les erreurs qui peuvent s'être glissées dans mon travail, et je ferai corriger sur les clichés les fautes qui me seront signalées. Un dernier tirage des Œuvres de mon illustre et vénéré maître pourra ainsi être transmis à la postérité sans aucune erreur qui le dépare.

II. — L'ASTRONOMIE POPULAIRE.

La création du cours d'astronomie de l'Observatoire a été décidée par le Bureau des longitudes, dans sa séance du 11 novembre 1812. Ce cours fut confié à M. Arago.

L'illustre professeur fit sa première leçon le 3 février 1813.

Depuis cette dernière année jusqu'à 1846, M. Arago recommença dix-huit fois des leçons qui ont eu un succès immense. Les auditeurs de son cours ouvrirent en 1843 une souscription pour lui offrir une médaille qui fut gravée par Bovy.

Pour répondre à l'empressement du public, un amphithéâtre spécial dut être construit; il a été détruit après la mort de M. Arago; aucune voix n'a osé se faire entendre dans l'enceinte où la mâle éloquence d'un savant maître avait passionné pour l'astronomie toutes les classes de la société.

Le nom d'Arago est resté, jusque dans les rangs les plus obscurs du peuple des campagnes, le représentant de la science rendue utile sans avoir rien perdu de sa noblesse.

M. Arago n'écrivit pas d'abord ses leçons; il se contentait d'en faire un canevas. Il nous a laissé les programmes de quelques-uns de ses cours.

Un mot était destiné souvent à lui rappeler toute une série d'idées sur lesquelles il avait l'intention d'insister principalement; rarement une phrase entière s'y trouve

écrite, si ce n'est pour servir d'introduction, parce que l'exorde, comme la péroraison, était toujours ce qui lui paraissait le plus difficile. Du reste, il avait pour principe qu'une préparation attentive était indispensable pour qu'une leçon fût bonne. Cependant, vers 1832, ayant reçu des propositions de la part de plusieurs éditeurs pour la publication d'un *Traité d'astronomie,* M. Arago commença à écrire quelques chapitres relatifs à des questions qu'il avait plus particulièrement approfondies. Il fut ainsi conduit à insérer, dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes,* des Notices extraites de son ouvrage, notices déjà amenées à un grand état de perfection; par exemple, en 1832, sur les comètes; en 1833, sur la Lune; en 1834, sur les étoiles multiples; en 1836, sur la comète de Halley. Mais ces publications ne pouvaient plus suffire pour lui garantir la propriété de travaux importants, dont il faisait connaître libéralement les résultats dans son cours. Il dut profiter de la publication qu'il résolut de faire d'une Notice sur la vie et les travaux de William Herschel, pour y introduire le développement des idées auxquelles il attachait le plus d'importance. Plus tard, il reprit dans cette Notice sur Herschel, publiée en 1842, de longs chapitres, pour les remettre à leur place dans son *Traité d'astronomie,* dont ils avaient été momentanément distraits. Il était d'autant plus fondé à agir ainsi, qu'une condamnable spéculation de librairie avait fait recueillir quelques-unes de ses leçons et avait fait composer, avec des notes informes et agencées sans discernement, un volume audacieusement intitulé : *Leçons d'astronomie professées à l'Observatoire par M. Arago,*

recueillies par un de ses élèves. Vainement M. Arago protesta contre cet ouvrage et démontra qu'il fourmille de bévues incroyables [1]. Cette odieuse contrefaçon ne se vendit pas moins à un grand nombre d'exemplaires et eut plusieurs éditions. Sur un exemplaire de la quatrième édition, que j'ai entre les mains, se trouvent en marge quelques-unes des réflexions de l'illustre professeur; elles témoignent de l'indignation qu'il ressentait d'avoir été si mal compris par un homme qui se prétendait son élève, et qui osait présenter au public, comme ayant été professées à l'Observatoire, des élucubrations aussi informes. L'énergique concision avec laquelle s'exprime M. Arago ne permet pas de reproduire la plupart des notes manuscrites de ce précieux volume. Fatigué de sa lecture, M. Arago finit par écrire : « L'auteur ne peut pas dire deux mots de suite avec exactitude, » et qualifie de « galimatias triple, infâme, burlesque, idiot, » quelques-uns des passages qui ont mis sa patience aux plus rudes épreuves.

Préparés de longue main, corrigés un grand nombre de fois, tous les chapitres de l'*Astronomie populaire* ont été revus et complétés par M. Arago, pendant les trois dernières années de sa vie.

Aucune des nombreuses figures des pages dictées à M. Goujon n'était faite. Chose singulière et bien remarquable, M. Arago, devenu à peu près aveugle, traçait dans son imagination les figures les plus com-

1. Voir une de ces protestations dans la *Notice sur la prédiction du temps*, t. V des Notices scientifiques, t. VIII des Œuvres, p. 3.

pliquées, désignait les lignes par des lettres, ainsi qu'on a l'habitude de le faire, puis dictait comme si les figures existaient réellement, sans se tromper jamais. C'est avec le texte seul, ainsi mélangé de lettres désignant des courbes ou des droites qui n'étaient pas dessinées, que j'ai dû reconstituer les figures de l'*Astronomie populaire*, de manière à représenter réellement les choses telles que l'illustre auteur eût voulu les peindre lui-même s'il n'avait pas perdu la vue.

Ainsi qu'on le lit dans l'introduction au cours professé en 1846 (*Astronomie populaire*, t. I, p. XII), M. Arago a toujours pensé qu'on pouvait acquérir des connaissances astronomiques assez étendues si l'on possédait seulement un très-petit nombre de principes empruntés aux sciences mathématiques et physiques. Aussi a-t-il commencé son Traité par cinq livres consacrés à des notions préliminaires sur la géométrie, la mécanique et l'horlogerie, l'optique, les instruments astronomiques, la vision. Ces livres ont été écrits presque entièrement de sa main, antérieurement à 1845; il n'a fait que dicter à M. Goujon quelques corrections et additions dans les derniers temps de sa vie. Il ne se dissimulait pas que c'était commencer un cours d'astronomie d'une manière aride, et j'en trouve la preuve suivante, écrite de sa main, parmi les notes de ses cours qu'il m'a laissées.

« Cette leçon, je n'hésite pas à l'annoncer dès ce moment, dit-il, paraîtra quelque peu difficile et sévère aux personnes qui n'ont jamais jeté les yeux sur un traité de mathématiques. J'ajouterai, d'autre part, qu'elle me

conduira aux méthodes les plus usuelles, les plus fécondes de la science. Ceux qui s'approprieront les notions de géométrie et d'optique que je présenterai aujourd'hui et jeudi prochain n'éprouveront plus aucun embarras dans la suite du cours. Je puis, sans faire preuve de hardiesse, leur donner cette assurance. »

M. Arago avait même eu l'intention de joindre des éléments d'arithmétique aux autres notions de mathématiques qu'on trouve dans le premier volume de son *Astronomie populaire;* il avait commencé à dicter à M. Goujon quelques définitions sur le carré, le cube, les puissances supérieures, les racines carrées et les racines cubiques, les progressions. Il n'a pas donné suite à ce projet. J'ajouterai encore que plusieurs des chapitres sur les connaissances physiques ou mathématiques préliminaires que M. Arago a mises dans l'*Astronomie populaire* avaient paru en tête des Notices consacrées aux comètes que contient l'*Annuaire du Bureau des longitudes* (1832 et 1836). Cependant les notions d'optique n'avaient encore été publiées nulle part, et elles sont exposées d'après une méthode absolument nouvelle.

Les six premiers chapitres du livre VI de l'*Astronomie populaire*, relatif au mouvement diurne, ont été dictés à M. Goujon ; les manuscrits des autres chapitres du même livre sont de la main de M. Arago.

Le premier chapitre du livre VII, relatif au mouvement apparent du Soleil, a paru dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes* de 1851, en tête de la Notice sur le calendrier que renferme cet Annuaire. M. Arago avait dû, pour rendre intelligibles quelques-unes de ses dé-

monstrations, commencer cette belle exposition de tout ce qui concerne la mesure du temps par diverses notions astronomiques indispensables. A cet égard, l'illustre astronome s'est exprimé en ces termes :

« J'avais eu d'abord le projet de consacrer la seconde partie de ce petit volume à des études historiques et expérimentales sur le phénomène, si complexe et si mal expliqué jusqu'ici, de la scintillation des étoiles ; mais, en examinant de nouveau la Notice scientifique que j'avais rédigée à ce sujet depuis assez longtemps, il m'a paru que, pour rendre le travail complet, il serait indispensable d'y joindre les résultats de mesures micrométriques qui ne pourront être terminées que dans le courant de l'hiver prochain. Je me suis rappelé alors que le calendrier n'avait jamais été dans l'Annuaire l'objet d'un article détaillé. L'extrait de l'*Exposition du système du monde*, de Laplace, intitulé : *Du Temps, de sa mesure, etc.*, qui a figuré dans les volumes de 1811 à 1823, laisse entièrement de côté une foule de questions intéressantes ; divers points, il est vrai, y sont traités avec une grande supériorité, mais non pas, si une telle observation m'est permise, par des raisonnements à la portée des personnes dépourvues des connaissances mathématiques.

« J'ai donc essayé de remplir cette lacune, en détachant d'un *Traité d'astronomie populaire*, que j'espère mettre très-prochainement sous presse, l'article où j'ai réuni l'indication abrégée des méthodes diverses mises en usage chez les anciens et les modernes pour la mesure du temps. Je me suis trouvé ici en présence d'une difficulté réelle. Le calendrier est un des derniers

chapitres de mon livre; en le rédigeant, je pouvais supposer le lecteur familiarisé avec les théories astronomiques exposées auparavant et nécessaires aux explications. La destination nouvelle que j'allais lui donner m'imposait l'obligation de mêler aux principes du calendrier proprement dit des notions précises sur toutes les parties de la science qui devaient contribuer à la clarté des démonstrations. Il est résulté de là que je n'ai pu me servir de l'article primitif sans y faire de nombreux changements.

« Je me rappelle avoir eu dans les mains une volumineuse dissertation sur une question importante de sciences appliquées que l'auteur avait voulu mettre à la portée de tout le monde. Pour atteindre ce but, il s'était cru obligé de s'interrompre dans son exposé toutes les fois que des propositions de géométrie lui étaient indispensables : ici des éclaircissements concernant la théorie des triangles semblables; là le carré de l'hypoténuse; plus loin le théorème relatif à la surface du cercle, etc. Cette marche paraissait très-naturelle; mais il en résultait que le lecteur, se perdant au milieu de ces digressions sans fin, fermait de dépit, sans l'achever, le savant ouvrage.

« En racontant ce qui est arrivé à un auteur ancien et célèbre, n'aurais-je pas tracé mon horoscope? Certains journaux quotidiens s'empresseront de lever mes doutes à cet égard. »

M. Arago n'a fait que reprendre à sa Notice sur le calendrier, pour les remettre dans l'*Astronomie populaire*, aux places qui leur convenaient, les pages qu'il

avait dû en distraire afin de rendre complétement claire l'explication du calendrier.

Les chapitres II, III, IV, VIII, IX, X du livre VII sur le mouvement apparent du Soleil, ont été dictés à M. Goujon; les chapitres V, VI, VII, XI, XII, XIII, XIV avaient paru dans la Notice sur le calendrier.

Dans le livre VIII, consacré aux constellations, les manuscrits des chapitres VII, VIII, IX, X et XI sont de la main de M. Arago; ils ont été écrits de 1841 à 1845; les chapitres I, II, III, IV, V et VI ont été dictés à M. Goujon en 1851.

Une partie du livre IX, consacré aux étoiles simples, avait déjà paru en 1842 dans la Notice sur Herschel; mais en le reprenant à cette Notice en 1851, M. Arago l'a revu avec beaucoup de soin, y a introduit plusieurs chapitres écrits de sa main antérieurement, notamment les chapitres III, XII, et XXXIV, et enfin a dicté de nombreuses additions qui en ont fait une œuvre tout à fait nouvelle. Les chapitres XXXII et XXXIII, relatifs aux parallaxes annuelles des étoiles, ont été entièrement dictés en 1852.

Les étoiles multiples ont été l'objet des recherches de M. Arago dès 1824. Il publia sur ce sujet, en 1825, dans la *Connaissance des Temps pour* 1828, un Mémoire qui est inséré dans le tome II des *Mémoires scientifiques* (tome XI des *Œuvres*), p. 181 à 200. Il consacra à cette même étude un article de l'*Annuaire du Bureau des longitudes* pour 1834. C'est de cet article sur lequel il était revenu en un très-petit nombre de pages en 1842, dans la Notice sur Herschel, qu'il a fait le

livre X de l'*Astronomie populaire*, après une révision attentive et de nombreuses additions.

Le livre des nébuleuses, qui termine le premier volume de l'*Astronomie populaire*, est extrait en très-grande partie de la Notice sur Herschel. Toutefois, les chapitres XXI, XXII, XXIV et XXV sont nouveaux et ont été dictés en 1852.

M. Arago a repris aussi, dans la Notice sur Herschel, ce qu'il avait dit sur la Voie lactée, pour former le livre XII, par lequel commence le tome II de l'*Astronomie populaire;* il a ajouté en 1852 les chapitres I et VI.

Le livre XIII, sur les mouvements propres des étoiles et la translation du système solaire, est entièrement nouveau et a été dicté en 1851.

M. Arago avait préparé un Mémoire sur les micromètres, en 1814 et 1820. Ce Mémoire, qui est écrit de sa main, n'ayant pas été publié, il l'a repris, l'a développé, et il en a fait le deuxième chapitre du livre XIV de l'*Astronomie populaire*, consacré au Soleil. Les autres chapitres de ce livre contiennent, avec de très-grands développements nouveaux, les 54 pages que l'illustre astronome avait consacrées à la constitution physique du Soleil, dans la Notice sur Herschel. La matière a été à peu près doublée par les nouveaux détails ajoutés. Les chapitres relatifs à l'intensité lumineuse comparative des diverses parties du disque solaire, l'examen de la théorie des taches, d'après les phénomènes de polarisation, forment des parties tout à fait neuves. J'ai été chargé par M. Arago d'élucider la question des relations qui peuvent exister entre les taches solaires et les températures ter-

restres; M. Arago s'était occupé de ce problème dès 1816, dans les *Annales de chimie et de physique*.

Le livre XV, consacré à la lumière zodiacale, a été dicté en 1852; il contient, entre autres choses nouvelles, les résultats des observations faites à l'Observatoire de Paris en 1843.

Le livre XVI, consacré à l'exposition des mouvements des planètes, aux lois de ces mouvements, à la découverte de la translation de la Terre et des autres planètes autour du Soleil, a été dicté en 1851 à M. Goujon. Les tables relatives aux éléments des orbites des planètes sont dressées de telle façon que, au fur et à mesure de la découverte d'une petite planète, on peut les compléter sans rien changer au texte. M. Arago ouvrait en quelque sorte un chapitre qui ne devait pas être fermé; il croyait à l'existence de corps planétaires que l'on enregistrerait en nombre d'autant plus considérable que les instruments astronomiques seraient plus parfaits et que les observations seraient plus attentives. Nous avons retrouvé, sur ce sujet, les lignes inédites suivantes, écrites de la main du savant astronome avant 1845, et qui complètent sa pensée telle qu'elle est exprimée dans l'*Astronomie populaire :*

« Les premiers noms des planètes paraissent avoir été relatifs à l'éclat ou à la nature de la lumière dont ces astres brillent. Ainsi, Saturne, comparativement peu lumineux, fut nommé *Phénon* (qui paraît); Jupiter, *Phaéton* (le brillant); Mars, *Pyroïs* (couleur de feu); Mercure, *Stilbon* (l'étincelant); Vénus, *Phosphore* (porte-lumière).

« Artémidore d'Éphèse (environ 100 ans avant J.-C.) soutenait que les planètes étaient sans nombre, et que leur peu de lumière et l'excentricité de leurs orbites avaient seules empêché de les voir.

« Ce passage est remarquable depuis qu'on a fait la découverte d'Uranus, Cérès, Pallas, Junon et Vesta, et aussi depuis qu'on a constaté la chute des aérolithes, qui sont, suivant toute apparence, de très-petites planètes.

« Démocrite, au dire de Sénèque, croyait qu'il y a beaucoup plus de planètes que nous n'en voyons.

« Un des hommes qui ont fait le plus d'honneur à notre pays par le savoir et le caractère, Daunou, disait dans ses leçons de chronologie :

« Les anciens s'étaient figuré qu'il y avait, ni plus « ni moins, sept planètes, parmi lesquelles on compre- « nait le Soleil au lieu de la Terre. On divinisa ces astres « et, peu s'en fallut, leur nombre même; car le nombre « sept reçut une sorte de culte dans l'antiquité; on lui « attribuait des vertus surnaturelles, une perfection su- « prême. Malheur à qui, en Égypte, à Rome, en Grèce « même, *à certaines époques*, eût soupçonné qu'il pou- « vait exister d'autres planètes : le zèle des pontifes, « des devins, des poëtes, des musiciens, peut-être aussi « de quelques astronomes, eût éclaté contre un si témé- « raire attentat à un nombre antique et sacré. »

« Sans la restriction, concernant la Grèce, sur laquelle j'ai appelé l'attention par des caractères italiques, on aurait pu soutenir que, dans le passage qui précède, le savant historien traitait les anciens avec une trop grande sévérité. Nous trouvons, en effet, dans tout ce

qui nous a été conservé des opinions, des systèmes de Démocrite, que ce célèbre philosophe croyait à l'existence d'un nombre infini de planètes.

« Ainsi qu'on le verra bientôt, la plus heureuse conjecture des modernes concernant les régions où il devait exister des planètes inconnues, des planètes inobservées, se fondait sur cette supposition gratuite et vague, que la *matière* ne pouvait manquer d'être répartie dans l'espace avec une certaine uniformité. La supposition, au reste, n'était pas aussi neuve qu'on se l'imaginait. Quelques anciens y rattachèrent leurs théories : témoin ces astronomes dont parle Copernic et qu'il réfute, lesquels faisaient mouvoir *en tous temps* Mercure et Vénus audessous du Soleil, se fondant sur le trop grand intervalle vide qui, sans cela, aurait existé entre le Soleil et la Lune.

« Bientôt cependant, Kepler, ayant conçu la pensée que les distances des planètes au Soleil devaient être réglées par les dimensions des *cinq* corps réguliers circonscriptibles à la sphère, n'eut plus besoin des *planètes inconnues* et y renonça. Au surplus, disait-il, je n'étais pas content de l'audace, de la témérité qui m'avait porté à créer ainsi de nouveaux astres. »

Dès 1832 M. Arago avait publié, dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes*, sous la forme de Notice scientifique sur les comètes, une partie du livre XVII de son *Traité d'astronomie populaire*. En 1852 il a complété ce travail par de nombreuses additions. Les chapitres I et II, IX, X, XIII, XXI à XXVIII inclusivement, sont nouveaux; ils ont été dictés à M. Goujon. J'ai rassemblé, d'après les

indications de M. Arago, les éléments des chapitres XV à XVIII. Le chapitre XIV, sur la comète de 1843, est extrait de l'*Annuaire du Bureau des longitudes* pour 1844. Dans les chapitres nouveaux de ce livre, M. Arago a fait connaître ses idées sur la constitution physique des comètes; on doit les considérer comme une partie du grand travail qu'il avait voulu exécuter sur la forme et la constitution physique des astres dont notre système solaire est formé; de ce travail M. Arago n'a pu composer que le Mémoire sur Mars, qui est inséré dans le tome II des *Mémoires scientifiques* (t. XI des *Œuvres*, p. 243 à 304).

Les livres XVIII et XIX de l'*Astronomie populaire*, relatifs à Mercure et à Vénus, à l'exception de deux pages prises à la Notice sur Herschel, ont été dictés à M. Goujon, en 1852.

Les huit premiers chapitres du livre XX, qui présente l'histoire astronomique et physique de la Terre, sont entièrement nouveaux et ont été dictés en 1852; ils sont consacrés à la description et à la théorie des mouvements de notre planète. Les chapitres IX, X et XII de ce même livre, sur l'ancienneté relative des différentes chaînes de montagnes, l'action des courants aqueux et les bouleversements des terrains modernes, sont une nouvelle édition, revue et corrigée, des Notices insérées dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes* pour 1830 et pour 1831, sur le beau Mémoire où M. Élie de Beaumont a donné sa célèbre théorie du soulèvement des montagnes. Les chapitres XI et XXXI, qui traitent de la rencontre possible de la Terre et des corps cométaires, sont extraits de la Notice publiée en 1832 sur les co-

mètes. Dès 1824, M. Arago s'était occupé de l'histoire des volcans encore enflammés; ce travail est réédité avec de nombreux développements dans le chapitre xiii. Dans le chapitre xiv, relatif à l'atmosphère, M. Arago a placé la description complète du baromètre qu'il a imaginé et dont il avait publié la première idée en 1826, dans les *Annales de chimie et de physique*; le reste de ce chapitre concerne les réfractions et est entièrement nouveau. L'*Annuaire du Bureau des longitudes* a commencé en 1813 à donner des tableaux concernant les hauteurs comparatives des points les plus remarquables du globe au-dessus du niveau de la mer; le chapitre xv contient la réunion de tous les détails fournis par l'*Annuaire* et par la *Connaissance des Temps*, et est consacré en outre au dépouillement des documents les plus récents sur cette question. Les chapitres xvi à xxvii présentent une étude de la constitution physique et de la mesure de la Terre; elle est presque entièrement nouvelle; cependant M. Arago y a placé quelques notes publiées déjà dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes*, les *Annales de chimie et de physique*, et les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*. A l'égard de pareilles reproductions, il professait cette opinion de Fontenelle : « A quoi bon changer de tours et d'expressions, quand on ne change pas de pensée. » Les chapitres xxviii, xxix et xxx donnent une histoire complète des méthodes employées pour déterminer la distance de la Terre au Soleil; ils ont été dictés en 1851.

Le vingt et unième livre de l'*Astronomie populaire* est consacré à la Lune : il ne contient pas moins de qua-

rante et un chapitres, dont trente-trois ont été dictés en 1851 et 1852. M. Arago a seulement repris, dans la Notice sur le calendrier publiée dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes* de 1851, les chapitres V et VI sur l'âge de la Lune et les noms des mois de l'année solaire donnés aux lunaisons. Les chapitres XXVI et XXVII, où sont discutées les questions de savoir si la Lune a été une comète ou si elle a jamais été heurtée par un astre chevelu, sont extraits de l'*Annuaire du Bureau des longitudes* pour 1832. Quatre ou cinq pages de la Notice sur Herschel, relatives aux montagnes et aux volcans lunaires et à l'atmosphère du satellite de la Terre, ont été placées dans les chapitres où ces questions sont traitées. Enfin, dans les trois chapitres relatifs à la Lune rousse et à la question de savoir si la Lune exerce une action sur l'atmosphère terrestre, M. Arago a introduit quelques pages de ses Notices de l'*Annuaire du Bureau des longitudes* pour 1828 et 1833, mais en les fondant avec beaucoup de considérations nouvelles. Les observations citées dans le chapitre XXIV, sur la polarisation de la lumière de la Lune, sont écrites de la main de M. Arago; il en est de même de quelques pages relatives à la lumière cendrée, aux points brillants qu'on a cru voir sur la Lune, aux pronostics et à l'action prétendue de la Lune sur les êtres animés. Ces pages remontent à des époques diverses et même à l'année 1811.

Quoique M. Arago ait consacré plusieurs Notices de l'*Annuaire du Bureau des longitudes* aux éclipses de Soleil, le livre XXII de l'*Astronomie populaire*, intitulé *Éclipses et Occultations*, est nouveau, sauf quelques

pages des quatre premiers chapitres, sur la théorie générale des éclipses, et un petit nombre de passages purement descriptifs, déjà imprimés en 1842 et 1846. L'époque tardive de la rédaction est digne de remarque pour les phénomènes de la couronne lumineuse et des protubérances rougeâtres sur lesquels l'illustre astronome a fait tant d'observations; il a en quelque sorte voulu attendre le dernier moment pour exposer ses idées définitives sur ce sujet, car les pages qu'il y a consacrées ont été dictées seulement dans les premiers mois de 1853, alors qu'il savait que la maladie ne le laisserait plus vivre qu'un petit nombre de jours.

Le livre XXIII, qui commence le quatrième volume de l'*Astronomie populaire,* a été composé par M. Arago en 1853; il a été dicté en partie à M. Goujon, notamment pour ce qui concerne la masse des planètes. J'ai recueilli ses paroles pour tout ce qui est relatif à la Terre. Quelques pages seulement sur l'éther universel, sur la mesure de la Terre, sur les perturbations, sont extraites de ses Notices insérées dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes* en 1832 sur les comètes, et en 1846 sur les travaux de Laplace.

Le livre XXIV, sur la planète Mars, a été dicté à M. Goujon en 1852; en rapprochant de ce livre la Notice sur Mars, insérée dans le tome II des *Mémoires scientifiques* (t. XI des *Œuvres*), on a l'histoire la plus complète qui ait jamais été faite d'un corps du système solaire.

Le livre des petites planètes a été composé par M. Arago en 1851, de manière à rester en quelque sorte ouvert, et à recevoir successivement son complément

par de nouveaux chapitres consacrés à chaque petite planète qui serait nouvellement découverte. C'est cette intention de M. Arago que j'ai remplie pour tous les chapitres du livre XXV, à partir du dix-septième jusqu'au quarante-quatrième. Les conjectures sur l'origine des petites planètes ont été reprises à un chapitre de la Notice publiée dans l'*Annuaire* de 1832 sur les comètes.

Dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes* pour 1826, M. Arago a inséré un nouveau catalogue chronologique des chutes de pierres ou de fer, de poussières ou de substances molles, sèches ou humides, que Chladni lui avait adressé; il a reproduit ensuite ce catalogue dans le tome XXXI de la deuxième série des *Annales de chimie et de physique;* depuis cette époque, il n'a cessé d'insérer soit d'abord dans les *Annales de chimie et de physique,* soit ensuite dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences,* toutes les chutes d'aérolithes dont il a pu avoir connaissance. M. Arago a pris le même soin pour les apparitions de bolides et pour celles des étoiles filantes. En 1852, il m'a chargé de réunir tous les documents qu'il avait ainsi parsemés dans un grand nombre de volumes, d'y joindre quelques notes manuscrites qu'il avait conservées dans ses cartons, de compléter le tout en compulsant diverses publications françaises ou étrangères, et d'en faire les catalogues qui sont insérés dans le livre XXVI de l'*Astronomie populaire*, consacré aux météores cosmiques. Il a en outre dicté les quelques pages dans lesquelles il discute l'origine des aérolithes et expose l'histoire des chutes ou des apparitions de

corps rencontrés par la Terre dans sa course autour du Soleil.

Le livre XXVII contient une étude complète sur Jupiter. Ce livre a été dicté par M. Arago en 1852; il renferme le résumé d'observations photométriques et de plusieurs mesures micrométriques dues à l'illustre astronome. Les détails de ces observations se trouvent dans les *Mémoires scientifiques* (tomes X et XI des *Œuvres*).

La description des procédés à l'aide desquels on a pu mesurer la vitesse de la lumière vient naturellement après l'étude de Jupiter et de ses satellites. Le livre XXVIII de l'*Astronomie populaire* est consacré à cette question; il a été presque entièrement dicté en 1852. Le manuscrit du chapitre IV, qui expose un exemple familier destiné à faire comprendre les considérations qui ont conduit à la détermination de la vitesse de la lumière par l'observation des satellites de Jupiter, est entièrement de la main de M. Arago : il a été écrit vers 1846. Ce même livre renferme la théorie de l'aberration, quelques considérations sur l'égalité de la vitesse de la lumière émanant de divers corps, et la description du procédé si ingénieux suivi par M. Fizeau, pour mesurer la vitesse de la lumière par des observations faites sur la Terre à de courtes distances. Le dernier chapitre seul, relatif à l'emploi que l'on peut faire de l'observation des phases d'Algol pour déterminer directement la vitesse de la lumière, avait été publié précédemment en 1842 dans

Notice sur Herschel.

Sauf quelques courts passages de la Notice sur Hers-

chel, et le dernier chapitre sur la question de savoir si l'anneau n'aurait pas été formé aux dépens de la queue d'une comète qui, dans sa course, serait venue à passer très-près de la planète, le livre XXIX de l'*Astronomie populaire*, sur la planète Saturne, est nouveau; il a été dicté au commencement de 1853. On y trouve un résumé de toutes les observations faites jusqu'en 1852 par les astronomes sur les bandes, sur l'anneau et sur les satellites du corps le plus étrange du système planétaire.

La découverte de la planète Uranus est une conquête qui fait trop d'honneur à William Herschel pour ne pas occuper une grande place dans la Notice que M. Arago avait consacrée, en 1842, à l'illustre astronome de Slough. Cette partie de la Notice de l'*Annuaire du Bureau des longitudes* était tellement achevée, que M. Arago n'a eu qu'à la reprendre à peu près textuellement pour en former le livre XXX de son *Astronomie populaire*. Il a seulement ajouté quelques pages relatives à la grandeur et à l'orbite de la planète, ainsi qu'à la découverte des deux nouveaux satellites, que M. Lassell a faite en 1851, découverte qui porte à huit le nombre des petits astres qu'Uranus entraîne à sa suite dans son mouvement de translation autour du Soleil. Ces additions ont été dictées par M. Arago à la fin de 1852.

Lorsque, le 23 septembre 1846, M. Galle eut trouvé à Berlin, au bout de sa lunette, et à peu près à la place qu'indiquaient les calculs de M. Le Verrier, fondés sur les perturbations qu'Uranus éprouvait de la part d'un astre inconnu, la planète à laquelle on a donné le nom

de Neptune, un grand enthousiasme éclata dans le monde savant. Plus tard il y eut une réaction; on alla jusqu'à nier que la planète découverte par les observations de M. Galle, grâce aux indications que cet habile et loyal astronome avouait avoir trouvées dans les résultats des calculs qu'il venait de recevoir de Paris, fût réellement celle dont la théorie due à M. Le Verrier annonçait l'existence et décrivait la marche. M. Arago est demeuré l'impassible rapporteur de la vérité, dans le livre XXXI de l'*Astronomie populaire*. Il m'a chargé de reprendre, dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, les diverses communications qu'il avait faites à ce corps savant sur la découverte de la planète Neptune; après une lecture attentive, il en a maintenu les termes en insistant sur l'heureuse coïncidence de l'existence entre les mains de M. Galle de la carte de M. Bremiker pour la 21e heure du ciel, et des résultats des calculs théoriques de M. Le Verrier. Sans ce bonheur, pour employer une expression de M. Encke, M. Galle n'eût pu arriver à constater qu'un astre nouveau, non figuré sur la carte de M. Bremiker, se trouvait dans la partie du ciel dont l'exploration était recommandée par M. Le Verrier comme le lieu probable de la présence, à la fin de 1846, d'une planète encore inaperçue, expliquant le désaccord, démontré par les observations, entre la marche réelle d'Uranus et le chemin que cette planète eût suivi d'après les lois de l'attraction, s'il n'y avait eu, dans notre système solaire, que les corps planétaires connus jusqu'à cette époque. M. Arago n'a fait d'ailleurs que dicter en outre quelques courts passages relatifs à

l'aspect de Neptune, à son orbite, à sa grandeur et à ses satellites.

Le livre XXXII, consacré aux saisons et aux climats, est un des plus importants de l'*Astronomie populaire*. Sur les vingt-six chapitres qu'il renferme, deux seulement avaient déjà été publiés; ce sont ceux relatifs à la question de savoir si les comètes peuvent modifier les climats ou le cours des saisons; ils ont été repris à la Notice de 1832 sur les comètes, et ils ont subi, à la fin de 1852, plusieurs corrections et additions dictées par M. Arago. Les chapitres VI, VIII, IX, XIII, XIX, XX, XXI et XXVI ont été écrits par l'illustre astronome en 1846; les autres ont été dictés à M. Goujon en 1851. J'ai été d'ailleurs chargé de faire toutes les recherches nécessaires pour assurer l'exactitude des données numériques que présente ce livre.

Le livre XXXIII, consacré au calendrier, a été reproduit par M. Arago dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes* pour 1851; il en a seulement élagué les chapitres qu'il avait été obligé, ainsi qu'on l'a vu plus haut, d'y intercaler, pour rendre intelligibles aux lecteurs de l'*Annuaire du Bureau des longitudes* les passages qui exigeaient des connaissances astronomiques préalables. De temps à autre, quelques additions et corrections ont été faites. Le dernier chapitre seul est nouveau; il est relatif à la détermination de l'heure par les instruments employés soit sur terre, soit sur mer.

Dans le livre XXXIV et dernier de l'*Astronomie populaire*, M. Arago transporte successivement le lecteur sur le Soleil, sur Mercure, Jupiter, Saturne, la Lune, et lui

montre les aspects divers sous lesquels apparaîtraient les phénomènes du système solaire, si de tels voyages à travers les espaces célestes pouvaient tout à coup se réaliser. En quelques pages, il fait voir ensuite combien de préjugés l'étude de l'astronomie a fait disparaître depuis qu'elle s'appuie uniquement sur l'observation exacte et judicieuse des faits matériellement tangibles; ces quelques pages sont presque entièrement écrites de sa main. L'ouvrage se termine par un tableau des observatoires disséminés à la surface de la Terre, et dans lesquels tant d'hommes éminents, appartenant à toutes les nationalités, parlant toutes les langues, animés du seul désir de connaître, ont les yeux fixés sur la voûte étoilée pour arracher de nouveaux secrets à la nature. Enfin, une table chronologique des découvertes faites jusqu'à l'année 1851 donne la mesure des progrès accomplis et de ceux qu'on peut espérer encore.

Telle est l'histoire fidèle de la composition de l'*Astronomie populaire*. Pour l'illustre auteur, « un cours était un livre parlé. » Tout ce qu'il disait si éloquemment à ses nombreux auditeurs s'est retrouvé sans peine sous sa plume; à l'avance toutes ses pensées étaient fixées et la forme de leur expression était arrêtée.

Si une mort trop prématurée n'avait pas enlevé M. Arago au travail assidu dont l'histoire de son *Traité d'astronomie* révèle l'extraordinaire persévérance, à une époque où la maladie et les infirmités l'accablaient si cruellement, l'illustre savant eût certainement ajouté de précieuses considérations à toutes celles que son livre renferme. Il m'eût guidé aussi dans la correction des

épreuves; mais je dois cette réponse à ceux qui se figureraient que son œuvre n'était pas achevée : je n'ai eu à faire que ce que tout élève dévoué à un tel maître eût pu faire à ma place.

III. — Les Tables.

L'*Astronomie populaire*, étant une œuvre posthume, a été placée en dehors des autres Œuvres de M. Arago, pour obéir à certaines dispositions des lois françaises relatives à la propriété littéraire. Dans les tables générales des matières, que contient le présent volume, les renvois sont faits aux tomes AI, AII, AIII et AIV, pour les quatre volumes de l'*Astronomie populaire*, et aux tomes de I à XII, pour les douze volumes des autres Œuvres.

Quoique l'ensemble de la collection forme 16 volumes, le mode de tomaison employé est suffisamment clair pour empêcher toutes les erreurs de renvois.

Les sujets qu'a traités M. Arago sont excessivement variés. Il a été mêlé de la manière la plus intime au mouvement extraordinairement actif de toutes les sciences, mais surtout des sciences physiques, dans la première moitié du XIXe siècle. Ses Œuvres contiennent une foule de documents ou de renseignements que quiconque, savant, littérateur ou homme du monde, qui voudra s'immiscer aux choses de la vie scientifique, sera heureux de retrouver. Des tables bien détaillées et conve-

nablement ordonnées pouvaient seules permettre de tirer des faits en nombre immense qui se trouvent consignés dans les diverses parties des Œuvres tout le profit que les esprits judicieux obtiennent par le rapprochement et la combinaison des matériaux mis à leur disposition.

Les faits se gravent dans la mémoire, non pas seulement par leur signification propre, mais encore par les lieux où ils se passent, ou par les hommes qui y sont acteurs. De là, l'importance de tables envisagées sous un triple aspect.

On trouvera d'abord dans ce volume une table de tous les auteurs ou de tous les personnages cités par M. Arago, avec la mention précise des circonstances qui ont amené leurs noms sous la plume de l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences.

Vient ensuite une table cosmique ; pour un homme tel que M. Arago (je tiens cette remarque de M. Élie de Beaumont), le monde n'était pas borné à la Terre ; une table géographique n'aurait donné qu'une faible idée des lieux dont il s'est occupé : c'est l'univers qu'il a embrassé. C'est en effet à l'univers qu'il faut étendre la géographie pour l'homme qui comprend que la vie n'est pas l'apanage du petit globe sur lequel notre corps enchaîne notre intelligence. Ainsi que cela a été fait pour la table des auteurs, des indications succinctes expliquent dans quelles circonstances M. Arago s'est occupé d'un pays, d'une ville, d'un astre ou d'une planète ; un simple renvoi n'eût pas été suffisamment utile à ceux qui voudront rapidement retrouver les faits dont ils auront besoin.

La table des matières qui termine le volume est à la

fois alphabétique et analytique ; on n'a pas craint d'y faire des répétitions, parce que la même idée se présente à la mémoire sous des formes différentes, et qu'il fallait surtout s'arranger de manière à rendre les recherches faciles et rapides.

Je sais par expérience que d'excellents livres ne sont guère consultés parce qu'ils manquent de tables qui permettent d'y retrouver des sujets qu'on se rappelle y avoir lus. J'ai voulu que les Œuvres de M. Arago pussent être compulsées par tous sans aucune fatigue. Une fois qu'on les aura ouvertes, même pour une recherche accidentelle, on ne manquera pas d'y revenir souvent.

IV. — Les Notices biographiques.

Après l'*Introduction* que la profonde affection de M. de Humboldt pour M. Arago m'a permis de placer en tête du premier volume des *Œuvres*, qui est aussi le premier des *Notices biographiques*, j'ai publié les pages dictées par M. Arago sur lui-même. Dans les cent pages qui composent cette autobiographie intitulée *Histoire de ma jeunesse*, on a la vie de M. Arago depuis sa naissance jusqu'à l'époque où, âgé seulement de quarante-quatre ans, il devint secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences. Ces pages ont presque toutes été dictées en 1851 et 1852 ; elles ne sont pas les seules que M. Arago ait laissées sur sa vie, sur ses contemporains, sur les

événements auxquels il a assisté comme témoin ou comme acteur ; mais il n'a pas voulu que les autres fussent avant longtemps livrées à la publicité.

Moins de sept semaines s'étaient écoulées depuis qu'un vote presque unanime avait appelé M. Arago aux fonctions de secrétaire perpétuel, que déjà il avait écrit et venait lire, au sein de l'Académie, la biographie de Fresnel, dont il avait été d'abord le protecteur éclairé et ensuite l'ami dévoué. Cette première biographie a commencé la série des brillantes Notices académiques que M. Arago a composées ensuite sur Volta, Young, Fourier, Watt, Carnot, Ampère, Condorcet, Bailly, Monge, Poisson, Gay-Lussac, Malus. Cette énumération démontre avec quel scrupule l'illustre secrétaire perpétuel a rempli les devoirs de sa charge.

Il est d'usage à l'Académie que les deux secrétaires perpétuels lisent alternativement un éloge dans les séances solennelles de chaque année ; le tour de chacun revient tous les deux ans. M. Arago n'a été secrétaire perpétuel que durant vingt-trois ans ; il n'aurait donc eu tout au plus que douze éloges à prononcer ; mais il apportait un soin extrême à la composition et à la rédaction de ses Notices biographiques, il s'y prenait longtemps à l'avance ; aussi, au moment de mourir, laissait-il achevée la biographie de Malus, destinée à être lue dans la séance publique de l'Académie pour 1854.

Voici les dates de la lecture de chacune des treize notices biographiques :

Fresnel, 26 juillet 1830 ;

Volta, 26 juillet 1831 ;
Thomas Young, 26 novembre 1832 ;
Joseph Fourier, 18 novembre 1833 ;
James Watt, 8 décembre 1834 ;
Carnot, 21 août 1837 ;
Ampère, 21 août 1839 ;
Condorcet, 28 décembre 1841 ;
Bailly, 26 février 1844 ;
Monge, 11 mai 1846 ;
Poisson, 16 décembre 1850 ;
Gay-Lussac, biographie lue par M. Laugier, le 20 décembre 1852 ;
Malus, biographie lue par M. Élie de Beaumont, le 8 janvier 1855.

Ces treize compositions sont insérées dans les trois volumes des Notices biographiques suivant l'ordre chronologique. Déjà les biographies de Volta, Young, Fourier, Watt, Carnot, Condorcet, Bailly et Monge avaient été publiées dans les *Mémoires de l'Académie des sciences;* en outre celles de Watt et de Bailly avaient paru dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes,* la première en 1839, la seconde en 1853. Toutes ces notices biographiques ont été reproduites sans aucun changement.

Quoique déjà très-anciennes, les biographies de Fresnel et d'Ampère étaient restées inédites, sauf trois chapitres de la première sur la polarisation de la lumière, les interférences et les phares. Ces trois chapitres ont été insérés dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes* pour 1831, avec cette note de M. Arago :

« Je serai heureux s'ils ne paraissent pas tout à fait dépourvus de clarté, et s'ils peuvent contribuer à répandre dans le public quelques notions exactes sur des phénomènes qui occupent certainement le premier rang parmi ceux dont la physique s'est enrichie de nos jours. »

Parmi les notes que M. Arago a dictées en 1850 et en 1851 sur sa vie et qui sont restées inédites, il en est une, relative à Fresnel, que je dois placer ici; il serait injuste pour la mémoire de ces deux grands hommes de ne pas publier de telles pages:

« J'arrive, dit M. Arago, à une époque de ma vie qui ne m'a jamais procuré que la satisfaction la plus vive; je veux parler de mes relations avec Fresnel.

« Trois frères du nom de Fresnel se succédèrent à de courts intervalles à l'École polytechnique. L'aîné y entra en même temps que moi en 1803; il fut tué près de Gerone, en Catalogne, au moment où il donnait déjà les plus justes espérances au corps de l'artillerie. Le troisième, Leonor Fresnel, est l'ingénieur des ponts et chaussées que nous avons vu poursuivre, avec le plus grand soin et une habileté à laquelle tout le monde s'est plu à rendre hommage, la réalisation des idées que son frère, un peu plus âgé que lui, avait conçues pour le perfectionnement des phares maritimes. Le second, Augustin Fresnel, celui qui s'est placé à la tête des physiciens de notre époque, entrait à l'École polytechnique au moment où je la quittais pour aller à l'Observatoire; je n'avais donc eu avec lui dans notre célèbre École que de très-courtes, de très-fugitives relations.

« En 1815, M. Mérimée, oncle maternel d'Augustin Fresnel, m'apporta une lettre dans laquelle cet ingénieur, retenu alors en province par les travaux minutieux et monotones d'ingénieur des ponts et chaussées, me demandait mon avis sur une explication qu'il croyait nouvelle du phénomène de l'aberration.

« Fresnel avait vu dans divers traités d'astronomie une explication de ce mouvement apparent des Étoiles, fondé sur la composition de la vitesse de l'observateur et de la vitesse de la lumière dans l'œil : il n'en avait pas été satisfait et en avait cherché une autre moins sujette à difficulté ; cette explication était précisément celle que Bradley lui-même avait donnée de l'aberration dans les Transactions philosophiques. Je fis part de cette rencontre au jeune ingénieur des ponts et chaussées : il en fut à la fois flatté et découragé ; cependant ce découragement ne fut que de courte durée. Peu de temps après, Fresnel me transmit les idées qu'il avait conçues pour expliquer les phénomènes de la diffraction. Là aussi il avait été précédé par le docteur Young. La lettre dans laquelle Fresnel développait sa nouvelle théorie mérite certainement d'être conservée comme preuve de sa pénétration et de son esprit inventif. Je la transcrirai ici :

« Monsieur,

« Quelques jours après vous avoir annoncé que je croyais avoir trouvé l'explication de la diffraction, j'ai construit un micromètre, au moyen duquel je suis par-

venu à faire des observations assez exactes pour ne plus douter de la justesse des formules auxquelles m'avait conduit la théorie des vibrations.

« Une expérience fort simple m'avait prouvé que les rayons de la lumière pouvaient agir les uns sur les autres, s'affaiblir et s'éteindre même presque complétement, lorsque leurs vibrations se contrarient; s'ajouter l'un à l'autre et se fortifier mutuellement au contraire, lorsqu'ils vibraient d'accord. C'est sur ce principe que j'ai basé mon explication de la diffraction.

« En étendant cette théorie des ondulations et de l'influence qu'exercent les rayons les uns sur les autres à la réflexion et à la réfraction, j'ai trouvé la raison des lois auxquelles la marche de la lumière est assujettie dans ces deux phénomènes.

« J'ai exposé cette théorie et les expériences qui m'y ont conduit dans un Mémoire que j'ai envoyé à mon oncle le 16 de ce mois, pour qu'il le présentât à M. le secrétaire perpétuel de la première classe de l'Institut. Vous l'avez peut-être déjà parcouru. Je désirerais bien savoir quel jugement vous en portez : votre suffrage est celui que j'ambitionne le plus.

« L'explication que j'y donne de la réfraction est fondée sur l'hypothèse que les ondulations de la lumière dans les mêmes milieux ont toujours la même longueur, quel que soit l'angle d'incidence. Les expériences de Newton sur les anneaux colorés dans le cas des incidences obliques paraissent en opposition avec ce principe. J'en ai fait l'observation dans mon Mémoire, en ajoutant que je soupçonnais que Newton s'était trompé

en concluant que la longueur des intervalles de retour au même accès variait avec l'incidence, et que le phénomène s'expliquerait peut-être encore par la théorie des vibrations et de l'influence des rayons les uns sur les autres. Je suis parvenu dernièrement à trouver cette explication, et je me propose de la soumettre à la Classe dans un complément à mon premier Mémoire que j'aurai l'honneur de lui présenter très-prochainement.

« Je me suis expliqué par les mêmes considérations pourquoi l'épaisseur de la lame d'air qui donne le premier anneau blanc est le quart, celle du premier anneau obscur la moitié de la longueur d'ondulation à laquelle m'avaient conduit mes expériences sur la diffraction; c'est-à-dire que je conçois maintenant le phénomène des anneaux colorés en supposant aux ondulations de la lumière la même longueur que dans la diffraction. Cette longueur est le double de celle que Newton a prise pour l'intervalle de retour au même accès.

« On peut encore expliquer par l'influence des vibrations les unes sur les autres les images colorées que réfléchit une surface rayée et le phénomène absolument semblable que présente un tissu très-fin au travers duquel on regarde une lumière.

« Ainsi la réflexion, la réfraction, tous les cas de la diffraction, les anneaux colorés dans les incidences obliques comme dans les incidences perpendiculaires, le rapport remarquable entre les épaisseurs de l'air et de l'eau qui produisent les mêmes anneaux, tous ces phénomènes, qui nécessitaient autant d'hypothèses particu-

lières dans le système de Newton, sont réunis et expliqués par la même théorie des vibrations et de l'influence des rayons les uns sur les autres. Il est probable qu'elle doit conduire aussi à une explication satisfaisante de la double réfraction et de la polarisation. C'est actuellement l'objet de mes recherches.

« J'ai lu dans l'ouvrage de M. Biot sur la polarisation que Malus avait déterminé pour beaucoup de corps différents l'angle sous lequel ils polarisaient complétement la lumière en la réfléchissant, et qu'il n'avait trouvé aucun rapport entre ces angles et les pouvoirs réfringents. Il a sans doute rassemblé ces divers résultats dans un tableau offrant la comparaison des angles de réfraction et de polarisation complète. Ce tableau me serait utile dans mes recherches sur la polarisation. Je vous prie d'avoir la complaisance de m'en envoyer une copie.

« Je suis avec la plus haute considération, Monsieur, votre très-humble et très-obéissant serviteur.

« FRESNEL. »

Mathieu, le 26 octobre 1815.

M. Arago a répondu dans les termes suivants à la lettre qu'on vient de lire :

Paris, le 8 novembre 1815.

« Monsieur,

« J'ai été chargé par l'Institut de l'examen de votre Mémoire sur la diffraction de la lumière ; je l'ai étudié

avec soin et j'y ai trouvé un grand nombre d'expériences intéressantes dont quelques-unes avaient déjà été faites par le docteur Thomas Young qui, en général, envisage ce phénomène d'une manière assez analogue à celle que vous avez adoptée; mais ce que ni lui ni personne n'avait vu avant vous, c'est que les bandes colorées extérieures ne *cheminent* pas en ligne droite à mesure qu'on s'éloigne du corps opaque. Les résultats que vous avez obtenus, à cet égard, me semblent très-importants ; peut-être pourront-ils servir à prouver la vérité du système des ondulations, si souvent et si faiblement combattu par des physiciens qui ne s'étaient pas donné la peine de le comprendre. Vous pouvez compter sur l'empressement que je mettrai à faire valoir votre expérience; la conséquence qui s'en déduit est tellement opposée au système à la *mode* que je dois m'attendre à beaucoup d'objections : vous devez m'aider à les repousser. Je vous prierai donc de faire, aussitôt que vous le pourrez, une nouvelle suite de mesures des bandes et de les étendre aux plus petites distances de l'écran au corps opaque, afin de rendre leur mouvement curviligne plus sensible, s'il se peut, qu'il ne l'est dans les tableaux que vous avez adressés à l'Institut. Vous voyez que je crains que les déviations dont je voudrais tirer avec vous de si grandes conséquences sur les phénomènes de la lumière, ne paraissent bien légères aux personnes peu familiarisées avec ce genre de recherches. M. Mérimée s'est chargé de vous donner sur tout ceci des détails sur lesquels il serait inutile de revenir. Je ne vous envoie pas, par ce

courrier, les renseignements que vous me demandez sur les phénomènes de la polarisation, de peur que de nouvelles recherches ne vous fassent abandonner la diffraction, que je désire pour mille raisons vous voir suivre encore quelques jours : du reste, par la première occasion je vous dédommagerai amplement de ce retard.

« Recevez l'assurance de mon bien sincère attachement.

« F. Arago. »

« *P. S.* Je vous prie de supprimer désormais de vos adresses le titre de chevalier de la Légion d'honneur, qui ne m'appartient plus [1], et celui de secrétaire du Bureau des longitudes, qui depuis longtemps a été donné à une autre personne; vous voyez que je compte bientôt recevoir de vos nouvelles.

« Ne vous serait-il pas possible de faire une série de mesures des bandes extérieures en n'employant que de la lumière homogène? Vous servez-vous toujours de la lumière du Soleil pour vos expériences?... N'avez-vous pas quelquefois employé la lumière d'une chandelle ou d'un quinquet réunie au foyer de votre petite lentille? Comment vous êtes-vous assuré que les bandes partent effectivement du bord du corps opaque, etc. »

Je reviendrai plus loin sur la correspondance de

1. M. Arago avait été nommé chevalier de la Légion d'honneur pendant les Cent-Jours; il ne fut réintégré dans les cadres de l'ordre qu'en 1819; il fut nommé officier en 1825, après sa découverte du magnétisme de rotation; enfin il fut promu à la dignité de commandeur en 1837, et à celle de grand-officier en 1849.

M. Arago et de Fresnel, lorsque je m'occuperai des Mémoires scientifiques de l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie, et de sa collaboration dans quelques-uns des travaux du législateur de l'optique. Ici je dois m'arrêter, puisqu'il s'agit seulement des renseignements relatifs aux Notices biographiques.

M. Arago s'est fait relire en 1852 la biographie d'Ampère, et y a dicté de très-légères corrections qui ont plutôt consisté en divisions par chapitres qu'en changements véritables. Le manuscrit qui a servi à l'impression est presque tout entier écrit de sa main.

La biographie de Condorcet a été insérée en tête du premier volume des Œuvres de l'illustre et malheureux conventionnel. Je l'ai reproduite en la faisant suivre, comme dans ce volume, des remarques que la lecture de divers passages de l'*Histoire des Girondins* de M. de Lamartine a suggérées à M. Arago : Condorcet se trouve vengé, par son savant biographe, d'accusations imméritées et reposant uniquement sur des erreurs que M. Arago fait toucher du doigt.

La biographie de Poisson a été composée en 1849 et 1850. Le manuscrit est en partie de la main de M. Arago, en partie de celle de son secrétaire, M. Terrien. En parcourant ces feuillets, on s'aperçoit que déjà la vue de l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences s'affaiblissait; son écriture n'a plus la fermeté et l'admirable régularité que présentent les manuscrits antérieurs. Ainsi que M. Arago l'avait fait précédemment pour ses biographies les plus longues, il n'a pas lu en séance publique tout ce qu'il avait écrit ou dicté. Il

supprimé dans sa lecture les chapitres relatifs aux questions mathématiques les plus ardues ; j'ai rétabli le texte entier.

En ce qui concerne la capillarité (page 632 du tome II des *Notices biographiques*), voici une variante écrite de la main de M. Arago, et qui donne sur la nouvelle théorie de l'action capillaire due à Poisson, et sur la théorie de Laplace, une appréciation qu'il me paraît utile de conserver.

« Après que Laplace, dit M. Arago dans ce morceau que j'ai omis d'insérer dans ses Œuvres, eut publié en 1806 et 1807 sa théorie de l'action capillaire, on s'accorda généralement à regarder cette question comme entièrement épuisée. Ceux-là mêmes qui sont le moins disposés à croire qu'il ait été donné aux hommes d'atteindre jamais à la perfection dans aucun genre ne voyaient, dans le travail de l'illustre géomètre, qu'une seule amélioration possible. Ils espéraient que les moyens dont Laplace avait fait usage pour former les équations d'équilibre seraient un jour simplifiés. Quant aux conditions physiques du phénomène, il était d'autant plus naturel d'admettre qu'aucune n'avait été négligée, qu'il existait un accord vraiment extraordinaire entre les résultats du calcul et ceux de l'expérience. Or, il arriva, tout considéré, que cet accord provenait de la compensation de diverses erreurs. Le principe de la théorie de Laplace était exact ; mais il emporte la conséquence que près de sa surface extérieure et près des parois du vase sur lequel il s'appuie, la densité d'un liquide, loin d'être constante, varie rapidement. Cette circonstance avait été

omise par l'auteur de la *Mécanique céleste*. Eh bien, M. Poisson croit avoir prouvé que sans elle, les phénomènes capillaires n'auraient point lieu! Cette théorie se trouve développée dans un ouvrage spécial qui n'embrasse pas moins de 300 pages in-4°. »

J'ai retrouvé aussi la note inédite suivante, dictée d'abord par M. Arago à M. Goujon pour être jointe à la Biographie de Poisson, à la suite des chapitres relatifs à l'électricité et au magnétisme, mais qui n'y a pas cependant pris place ; il s'agit de l'explication des étoiles filantes, donnée par Poisson dans ses *Recherches sur la probabilité des jugements*, pages VI, note, et 306; il en a été dit quelques mots dans le livre XXVI de l'*Astronomie populaire* (tome IV, page 316).

« Je n'abandonnerai pas ce sujet, a dicté M. Arago, sans consigner ici une hypothèse que Poisson avait faite, et à l'aide de laquelle il croyait pouvoir expliquer l'un des plus curieux phénomènes dont maintenant la science soit en possession, et qui fixe à un si haut degré l'attention du public. Je veux parler des étoiles filantes.

« Ces phénomènes lumineux sont-ils des météores engendrés dans notre atmosphère? Doit-on les considérer au contraire comme de petites planètes circulant dans l'espace, et qui sont venues avec une extrême rapidité pénétrer dans les parties les plus élevées de l'air qui nous entoure? Cette seconde hypothèse paraît seule admissible aujourd'hui ; mais des observations simultanées faites en divers lieux, ayant montré que ces phénomènes au moment de leur apparition sont à d'énormes hauteurs au-dessus de notre globe, il reste à expliquer

comment ils deviennent lumineux, la rareté de l'air dans les régions où ils apparaissent étant à peine comparable au vide que l'on forme dans les récipients des meilleures machines pneumatiques.

« Poisson suppose que le fluide électrique, à l'état neutre, forme autour de la Terre une sorte d'atmosphère qui s'étend beaucoup au delà de la masse d'air qui enveloppe notre globe. Ce fluide électrique, quoique physiquement impondérable, serait soumis à l'attraction de la Terre et la suivrait dans ses mouvements. Lorsque notre planète viendrait à passer dans le voisinage de petits corps disséminés dans l'espace, ceux-ci décomposeraient, bien avant de pénétrer dans l'air atmosphérique, le fluide électrique neutre, par leur action inégale sur les deux électricités. En s'électrisant, ces petits corps s'échaufferaient, deviendraient incandescents, et seraient pour nous les étoiles filantes.

« Aucun problème n'arrêtait Poisson; il les abordait tous, armé de sa puissante analyse; mais on peut dire de ce grand géomètre, comme on l'a dit de d'Alembert, qu'il fut esclave de sa liberté. »

Poisson avait rédigé lui-même un catalogue très-détaillé de tous ses travaux; je l'ai inséré à la suite de la Biographie composée par M. Arago; il ne contient pas moins de 351 articles différents. J'ai mis aussi en appendice le disccurs prononcé aux funérailles de Poisson, le 30 avril 1840, par l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences.

Le troisième volume des *Notices biographiques* commence par l'Éloge historique de Gay-Lussac, dont

M. Laugier a donné lecture dans la séance publique de l'Académie des sciences du 20 décembre 1852, en suppléant ainsi M. Arago qui, aveugle et malade, n'avait même pu se rendre à l'Institut. Cette biographie a été dictée en partie à M. Goujon, en partie aussi à une petite-fille de Chaptal, tandis que l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences cherchait dans les eaux de Vichy, en 1852, un remède aux maux physiques qui l'accablaient. Alors, des projets qui paraissaient menacer l'existence même de l'École polytechnique étaient prêtés à des hommes posés comme réformateurs de l'enseignement public en France. Les dangers que courait un établissement auquel M. Arago avait appartenu en même temps que Gay-Lussac, soit comme élève, soit comme professeur, soit comme membre du conseil de perfectionnement, pendant un demi-siècle, formaient une de ses plus constantes préoccupations; il résolut de placer dans l'Éloge de son ami le tableau des services rendus par l'École polytechnique, et de saisir cette occasion pour prendre publiquement la défense de la grande École dont le trouble des passions avait pu seul faire oublier les immenses services et l'incontestable utilité. La Biographie de Gay-Lussac ne pouvant d'ailleurs être immédiatement publiée, il fit paraître, dans les premiers jours de mars 1853, en une brochure intitulée : « *Sur l'ancienne École polytechnique*, par M. Arago, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, élève de l'École de la promotion de 1803 », la partie de la Biographie de son ami consacrée à l'École, et il y ajouta de nombreux détails sur les services rendus aux travaux publics, aux arts,

à l'artillerie et au génie, à l'agriculture, à l'industrie, par des anciens élèves de l'établissement « qui avait été si cher à Gay-Lussac et à lui. » Cette brochure est imprimée en appendice à la suite de la Biographie de Gay-Lussac. Dans le même volume se trouvent aussi, page 608, les quelques paroles d'adieu que M. Arago a adressées à son vieil ami, le jour des funérailles de Gay-Lussac, le 11 mai 1850, et que M. Flourens a dû lire au nom de son illustre confrère, qu'une émotion profonde empêchait de parler.

Pendant plus de vingt-cinq ans (1815 à 1840), MM. Arago et Gay-Lussac avaient dirigé seuls les *Annales de chimie et de physique*. A aucune autre époque, ce recueil n'a présenté autant d'intérêt et n'a exercé une aussi grande influence sur le progrès des sciences. On reconnaît dans tous les volumes l'action de deux maîtres dont la collaboration a été aussi féconde qu'était profonde leur affection mutuelle. Ils sentaient de la même manière et ne différaient guère que dans la façon d'exprimer, l'un avec une réserve contenue, l'autre avec entraînement, ce qu'ils éprouvaient. Leur dévouement aux sciences, leur amour des grandes choses étaient égaux; M. Gay-Lussac ne manifestait pas, pour la conduite de certains hommes, une réprobation moindre que M. Arago; par exemple, l'anecdote relative au docteur Thompson, le médecin et l'ami du général Acton, rapportée à la page 23 de la Biographie, a été certainement communiquée à M. Arago par Gay-Lussac qu'elle avait révolté. A ce sujet, M. Arago a écrit la note suivante, que je ne crois pas devoir laisser inédite :

« Le général Acton est ce même hideux personnage dont deux contrées refusent de reconnaître la nationalité. Les Francs-Comtois ne manquent pas en effet de dire que si le hasard le fit naître à Besançon, ses parents étaient étrangers. Les Irlandais s'écrient, de leur côté, avec une énergique répugnance : Le père et la mère d'Acton étaient réellement originaires de notre île, mais lui-même n'y vit pas le jour. C'est, comme on le voit, la contre-partie des dix villes de la Grèce se disputant l'honneur d'avoir été le berceau d'Homère. »

La Biographie de Malus est la dernière que M. Arago ait composée. Il l'a dictée dans les premiers mois de l'été de 1853 ; il la destinait à être lue dans la séance publique de l'Académie des sciences de l'année 1854. Par une décision de l'Académie, son intention a été remplie ; M. Élie de Beaumont a donné lecture de l'Éloge de Malus dans la séance du 8 janvier 1855. L'auteur de la découverte capitale de la polarisation par réflexion avait droit à cet hommage de la part de celui à qui la science doit la découverte de la polarisation colorée. M. Arago était cet ami dont il est question à la page 148 de la Biographie, et qui porta à Malus la nouvelle de son élection à l'Académie. M. Arago ne voulait pas mourir sans laisser un solennel hommage en l'honneur du physicien qui l'avait précédé dans la glorieuse voie où il a conquis un de ses plus beaux titres à l'immortalité. M. Arago tenait aussi à faire connaître les antiques vertus de Malus, son caractère héroïque, si admirablement dévoilé dans les pages du journal de l'expédition d'Égypte, dont la Biographie cite des ex-

traits qui feront peut-être désirer un jour que ce petit volume, que M. Arago m'a légué, soit entièrement publié.

Après l'éloge de Malus, M. Arago se proposait d'écrire les Biographies de Hachette, de Savart et de Coriolis, et il avait commencé à réunir à cet effet des documents sur la vie et les travaux de ces savants.

Les treize Éloges biographiques, dont nous venons de faire l'histoire, joints aux discours prononcés aux funérailles de Delambre, Cuvier, Hachette, Dulong, Poisson, Prony, Puissant, Bouvard, Gambey et Gay-Lussac, placés à la fin du troisième volume des Notices biographiques, constituent la totalité de l'œuvre littéraire que M. Arago a accomplie en qualité de secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences. Les autres biographies contenues dans le troisième volume ont été écrites dans des circonstances différentes que je dois maintenant faire connaître.

M. Arago avait eu l'intention de joindre à son *Astronomie populaire* des biographies détaillées des astronomes les plus célèbres de l'antiquité et des temps modernes qui ont contribué aux découvertes énoncées dans le corps de l'ouvrage. C'est dans ce but qu'il avait composé les Notices que j'ai réunies sous ce titre général: *Biographies des principaux Astronomes*, en les plaçant dans l'ordre chronologique. Je ne les ai pas insérées à la fin de l'*Astronomie populaire*, parce que M. Arago n'avait pu faire toutes celles qu'il se proposait d'écrire, et que je ne devais pas mettre dans ce beau livre quelque chose d'incomplet. Les Biographies d'Auzout, Bayer, Borda, Clairaut, Delambre, Euler, Gassendi, Lalande,

Lemonnier, des Maraldi, de Maskelyne, Tobie Mayer, Méchain, Messier, Mæstlin, Pingré, Wargentin, sont restées à l'état de projet; M. Arago n'avait fait que réunir des notes à leur égard. Les exemplaires des *Histoires de l'Astronomie* de Bailly et de Delambre que M. Arago n'a légués, renferment un grand nombre d'annotations marginales sur les points que l'illustre astronome devait plus particulièrement mettre en saillie; mais il n'y a eu d'achevées pour l'*Astronomie populaire* que les vingt-cinq Biographies d'Hipparque, Ptolémée, Al-Mamoun, Albategnius, Aboul-Wéfâ, Ebn-Jounis, Alphonse X, Régiomontanus, Copernic, Tycho-Brahé, Guillaume IV, Kepler, Galilée, Descartes, Hévélius, Picard, Cassini Ier, Huygens, Newton, Rœmer, Flamsteed, Halley, Bradley, Dollond, Lacaille. La Biographie de Dollond est la seule dont le manuscrit soit entièrement de la main de M. Arago. Il a écrit aussi de sa main quelques pages sur Copernic, Kepler et Newton; tout le reste a été dicté à M. Goujon en 1850 et 1851.

Au mois de septembre 1853, un mois à peine avant sa mort, M. Arago, préoccupé de la publication de l'*Annuaire du Bureau des longitudes* pour 1854, dicta les lignes suivantes : « Ma mauvaise santé m'interdisant maintenant toute occupation sérieuse, il ne m'a pas été possible de mettre la dernière main à la rédaction d'un article (Notice sur les Théories de l'émission et des ondes, insérée à la fin du tome IV des *Notices scientifiques*, tome VII des *Œuvres*), que je destinais à former la suite des Notices insérées à diverses époques dans l'*Annuaire*. J'ai donc pris la liberté d'extraire d'une collec-

tion de biographies écrites jadis dans un tout autre but, les quatre biographies dans lesquelles sont retracés les points culminants de la vie et des travaux des quatre premiers fondateurs de l'astronomie moderne. L'accueil bienveillant que le public a daigné faire l'an dernier à la Biographie de Bailly me fait espérer qu'il recevra avec la même faveur l'histoire de la vie et des travaux de Copernic, de Tycho, de Kepler et de Galilée. » Quoique ces Notices n'aient pas paru dans l'*Annuaire* de 1854, ces lignes montrent que M. Arago tenait son travail pour terminé. Il s'en occupait du reste depuis longues années, au moins depuis 1840 ; il avait demandé pour l'exécuter des notes à un grand nombre de savants, et surtout à M. de Humboldt. Sur une note très-étendue et relative à Copernic, qui est entièrement de la main de M. de Humboldt, je trouve ces mots écrits par ce dernier : « Extraits et traduction faits d'après les ordres de M. Arago ». A la fin d'un manuscrit sur la vie de Kepler, composé de 15 pages de la fine écriture de l'illustre ami de M. Arago, je trouve encore : « Scripsi en septembre 1841. A. Humboldt. »

J'ai dit précédemment pour quelle raison M. Arago avait donné à la biographie d'Herschel, insérée dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes* pour 1842, de si grands développements. On a vu comment il avait dû y reprendre, pour les replacer dans l'*Astronomie populaire*, les nombreux chapitres qu'il n'y avait introduits que parce que son cours professé à l'Observatoire avait donné lieu à une publication où ses idées étaient défigurées. La biographie d'Herschel, insérée dans le tome III

des *Notices biographiques*, est réduite à ce qui concerne la vie et les travaux propres du grand astronome de Slough.

Les Biographies de Brinkley et de Gambart avaient déjà été insérées en 1835 et 1836 dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, dont la publication venait de commencer. M. Arago avait eu l'intention de faire paraître dans ce recueil de courtes notices sur tous les correspondants de l'Académie qui viendraient à mourir. Ce projet n'a pas eu de suite.

La Notice sur Laplace a été écrite en 1842, à l'occasion du projet de loi relatif à la réimpression des œuvres de l'immortel géomètre. Un avis délibéré par MM. Arago, Biot, Poinsot et Thenard, sous la date du 21 mars 1842, avait été remis à M. Villemain, alors ministre de l'instruction publique. Cet avis démontrait qu'il était urgent de réimprimer immédiatement en France un monument que le monde civilisé envie à notre patrie, et de ne pas souffrir que, pour étudier la mécanique céleste, nos compatriotes fussent obligés de se procurer la traduction anglaise qu'en avait généreusement publiée un savant américain. M. Arago, nommé rapporteur de la Commission de la Chambre des députés chargée d'examiner le projet de loi, résolut de mettre sous les yeux des législateurs « une analyse rapide, exacte, intelligible des découvertes brillantes que Laplace a déposées dans la *Mécanique céleste* et l'*Exposition du système du Monde* ». Ce travail, revu et corrigé, a été ensuite inséré dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1844; il est reproduit dans les mêmes termes dans le

tome III des *Notices biographiques*, avec une courte introduction dictée par M. Arago.

La Notice sur Fermat n'est autre chose que la reproduction du rapport fait le 7 juin 1843 à la Chambre des députés, par M. Arago, au nom d'une Commission chargée d'examiner un projet de loi tendant à ouvrir un crédit extraordinaire pour la réimpression des œuvres du célèbre géomètre de Toulouse ; M. Arago y a apporté quelques légères corrections de forme. Ce projet se rattachait à l'idée émise dans le rapport sur les œuvres de Laplace, de faire publier aux frais de l'État une *Collection mathématique nationale*, où viendraient prendre place les principaux Mémoires de Clairaut, de d'Alembert, de Lagrange. La France aurait ainsi élevé aux sciences mathématiques un monument durable et glorieux.

La Notice sur Abel n'avait pas encore vu le jour. Le manuscrit en est entièrement de la main de M. Arago. Elle avait été composée en 1845 pour répondre à une Notice de la *Biographie universelle* de Michaux, où les circonstances du séjour d'Abel à Paris, pendant les six derniers mois de 1826, avaient été dénaturées ; M. Arago a voulu à la fois rendre hommage au génie de l'illustre géomètre norvégien et au caractère libéral et hospitalier des géomètres français, qu'on avait essayé de rabaisser très-injustement.

Lislet-Geoffroy est le premier mulâtre à qui l'Europe ait accordé des honneurs académiques. Il appartenait à l'homme illustre qui ne voulut pas avoir passé par le pouvoir sans avoir signé l'acte irrémédiable de l'abo-

lition de l'esclavage dans les colonies françaises, de rendre un solennel hommage au savant fils d'une négresse esclave. La Notice sur Lislet-Geoffroy, correspondant de l'Académie des sciences pour la section de géographie et de navigation, a été lue à l'Académie le 27 juillet 1836; je l'ai reproduite textuellement, telle qu'elle a paru dans les *Comptes rendus de l'Académie* (tome III, pages 97 et 206).

Le discours prononcé par M. Arago, vice-président de la Commission de souscription, le 15 janvier 1844, lors de l'inauguration du monument de Molière, élevé à Paris dans la rue de Richelieu, a été publié à cette époque. Un exemplaire, corrigé de la main de M. Arago, a servi à la réimpression de ce magnifique morceau. Je crois rester dans la vérité en disant que ces pages écrites par un astronome sur le sublime comédien sont les plus belles qui aient jamais honoré Molière.

J'ai terminé le troisième volume des *Notices biographiques* par un écrit ayant pour titre : *De l'utilité des pensions accordées aux savants, aux littérateurs, aux artistes*. M. Arago y a travaillé à différentes époques; il en a dicté les dernières pages en 1853. Il avait vu de près combien souvent les difficultés matérielles de la vie, si parfois elles rendent le travail de quelques hommes plus opiniâtre, présentent d'entraves aux progrès des sciences. Il a voulu laisser aux dispensateurs des encouragements officiels, des conseils qui peut-être seront entendus. Si la misère, si les angoisses poignantes de quelque esprit supérieur sont un jour calmées, la reconnaissance en remontera à la mémoire

du vénérable et illustre secrétaire perpétuel de l'Académie.

En mettant en ordre les matériaux qui ont composé les *Notices biographiques*, et qui constituent la partie littéraire des Œuvres de mon vénéré maître, j'avais oublié le discours qu'il a prononcé, le 30 octobre 1839, aux funérailles d'Eusèbe Salverte, au nom de la Chambre des députés; j'ai réparé ma faute en plaçant ce discours dans les *Mélanges*, à la fin du tome XII[e] des *Œuvres*.

V. — Les Notices scientifiques.

Les *Notices scientifiques* ont été écrites par M. Arago dans le double but d'éclaircir certaines parties de la science et de répandre dans le public des connaissances utiles ou de dissiper des préjugés. Les sujets que choisissait l'illustre écrivain n'étaient jamais de ceux sur lesquels la science était absolument fixée; il fallait qu'il y eût encore beaucoup de choses à trouver, de nouveaux points de doctrine à établir, des erreurs à combattre. C'est ainsi que les Notices publiées dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, depuis 1811 jusqu'en 1853, ont successivement eu pour objet le système du monde, les comètes, les éclipses, les grands phénomènes de physique terrestre, quelques-unes des découvertes ou des inventions extraordinaires qui ont signalé notre siècle. Elles avaient le plus vif intérêt; elles passionnaient même le

l'astronomie qu'on désirait. Je méritais, disait-on, des éloges pour avoir réclamé la part brillante qui revient à la France dans l'admirable invention des machines et des bateaux à vapeur, et cependant, à tout prendre, j'eusse dû faire insérer mon plaidoyer dans quelque recueil technologique, et non dans l'*Annuaire* d'un *Bureau des Longitudes*. Ces pauvres Notices enfin, on les soumettait, je n'exagère pas, à des mesures cadastrales: dès qu'une d'elles renfermait un peu moins de lignes que celle de l'année précédente, je faisais tort aux acheteurs; reproche d'autant plus singulier que le manuscrit est fourni gratuitement au libraire, et qu'aucun membre du Bureau n'est jamais intervenu dans des arrangements relatifs à la vente de l'*Annuaire*, qu'à raison de l'obligation imposée tous les ans à M. Bachelier de n'en pas élever le prix au delà d'un franc.

« Avec tous ces antécédents, il ne fallait pas une grande prévoyance pour deviner que si jamais une maladie m'empêchait de rédiger à temps la Notice annuelle, je serais peu ménagé. Mes prévisions, toutefois, ont été de beaucoup dépassées: je m'étais résigné d'avance à des réclamations plus ou moins vives; mais je ne m'attendais pas aux outrages, aux lettres anonymes grossières dont j'ai été assailli dès qu'on a vu chez le libraire, au commencement de janvier 1838, que l'Annuaire paraissait cette année avec le calendrier et les tables seulement; je veux dire comme jadis le Bureau des Longitudes le publia pendant dix années consécutives, sans exciter aucune réclamation. Il y avait plusieurs partis à prendre: le premier, et certainement le meilleur, eût

été de dédaigner ces clameurs, anonymes ou autres, de constater catégoriquement par là qu'en devenant Académicien ou directeur de l'Observatoire, je n'avais pas contracté l'obligation de parler à jour nommé; que jamais je ne fus assez imprudent pour m'engager à trouver chaque année un sujet de dissertation scientifique digne d'intérêt.

« Eh bien, c'est tout le contraire que j'ai fait. Malgré ma mauvaise santé, dès qu'il m'est revenu que des personnes respectables, mal instruites sans doute des obligations du Bureau des Longitudes, croyaient également avoir le droit de se plaindre, je me suis mis à l'œuvre, et j'ai écrit aussi rapidement que j'ai pu cette longue Notice sur le tonnerre. Elle portera, je le crains, plus d'une trace de précipitation; mais personne du moins ne pourra refuser d'y voir la preuve de ma profonde déférence pour le public.

« Je préviens les personnes qui ont acheté l'*Annuaire* de 1838 sans additions, que M. Bachelier leur fournira gratis la Notice sur le tonnerre. Cet avis pourra quelque peu contrarier ceux qui ont dit si souvent, qui ont si souvent imprimé, qui criaient sur les toits et à toute occasion : L'*Annuaire* ne paraît pas! mais en vérité que puis-je y faire? »

Sur un feuillet manuscrit de M. Arago, je trouve encore :

> Parbleu! dit le meunier, est bien fou de cerveau,
> Qui prétend contenter tout le monde et son père.

« J'ai ce genre de folie; je prétendais pouvoir con-

tenter tout le monde, et chaque jour je suis obligé de m'appliquer les deux vers de La Fontaine. Mais que de fois n'ai-je pas été excusable de m'abandonner à un léger mouvement de dépit! »

Une nouvelle édition de la Notice sur le tonnerre, dont il est question dans la note précédente, devait être placée en tête d'une publication spéciale que M. Arago se proposait de faire, et qui aurait réuni les principales Notices déjà insérées dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*. J'ai dû, pour me conformer à la volonté de M. Arago, l'insérer dans le premier volume des *Notices scientifiques*, où elle n'occupe pas moins de 404 pages. Ce travail a été revu avec beaucoup de soin par l'illustre physicien dans le courant de 1850 et de 1851. Il y a fait de nombreuses additions dictées à M. Goujon; je me contenterai d'indiquer les principales.

M. Arago avait recueilli en 1838 d'assez nombreuses observations sur la hauteur des nuages où s'élaborent les coups foudroyants; cette question se trouve traitée dans le chapitre IV de la Notice. Il a en outre dicté en 1851 la description de quelques observations qu'il devait à MM. Haidinger et d'Abbadie, et qui sont insérées aux pages 27 et 28.

Dans le chapitre V, relatif aux différentes espèces d'éclairs, on trouve aussi, aux pages 31, 33 et 34, la description de quelques éclairs en zigzag nouvellement observés.

Le chapitre VII, pages 46 à 58, sur les éclairs en boule, est complétement nouveau; en 1837, lors de la rédaction de sa Notice, M. Arago n'avait pu réunir la description que d'un très-petit nombre de phénomènes de ce genre, mais il avait appelé l'attention du public sur cette forme extraordinaire du météore, et depuis lors de bonnes observations se sont multipliées.

Je ne ferai que mentionner quelques faits nouveaux cités aux pages 75, 88, 99, 124, 134, 136, 153, 168; mais je dois signaler les passages importants que l'illustre physicien a ajoutés aux pages 172 à 200. Ainsi, la question de la liaison qui peut exister entre le nombre ou la force des orages et la nature de la surface sur laquelle la foudre éclate; une note de M. Vicat sur la constitution géologique de certains lieux où les orages paraissent éclater de préférence; une très-remarquable lettre de M. le capitaine Duperrey sur des observations d'orages faites en pleine mer; le chapitre XXXIII, consacré à la statistique des victimes que dans nos climats la foudre fait annuellement, forment une partie presque entièrement nouvelle.

Il n'y a plus ensuite d'introduit, aux pages 234, 248, 259, 278, 281, que le récit de quelques faits qui n'avaient pas encore été mentionnés dans la première édition de la Notice. Toutefois le chapitre XL (page 304), sur les dangers que causent les fils des télégraphes électriques, présente un intérêt sur lequel il n'est pas nécessaire d'insister.

Après de très-courts alinéas ajoutés aux pages 328, 347 et 368, viennent trois chapitres nouveaux sur les

blessures faites par les coups de foudre (pages 374 à 380). De là, à l'exception de quelques lignes ajoutées aux pages 386 et 391, jusqu'au chapitre LIV (page 392), se retrouve sans changement le texte de l'*Annuaire* de 1838; mais les quatre derniers chapitres ont été ajoutés par M. Arago comme conclusion de ce véritable traité sur le phénomène qui joue peut-être le rôle le plus important dans la physique de l'atmosphère.

La Notice historique sur les tubes vitreux produits par la foudre, qui avait été publiée en 1822 dans le tome XIX des *Annales de chimie et de physique*, a été refondue par l'illustre physicien dans la Notice sur le tonnerre, et je n'ai pas cru devoir en placer le texte primitif dans les *Œuvres*.

Le reste du premier volume des *Notices scientifiques* est consacré à l'Électro-magnétisme, au Magnétisme terrestre et aux Aurores boréales, de manière à présenter réunis presque tous les écrits de M. Arago relatifs à l'électricité. Il ne faut plus, pour avoir un ensemble complet de ses recherches en cette matière, qu'y ajouter un Rapport sur l'Équateur magnétique et le Tableau des observations journalières d'électricité atmosphérique qu'il a exécutées pendant les années 1829, 1830 et 1837. (Voir tome II des *Mémoires scientifiques*, tome XI des *Œuvres*, pages 609 à 653.)

Sous le titre général d'*Électro-magnétisme*, se trouvent rassemblées des Notes qui, quoique très-courtes, décrivent quelques unes des découvertes qui contribueront le plus à

rendre immortel le nom de M. Arago. Je veux parler de l'attraction exercée sur la limaille de fer par le fil qui joint les deux pôles de la pile de Volta, de l'aimantation du fer et de l'acier par tout courant électrique, et du magnétisme de rotation. Ces découvertes n'avaient été signalées au monde savant que par des communications faites en quelques mots à l'Académie des sciences, et indiquées plutôt que décrites dans les *Annales de chimie et de physique*. M. Arago m'a chargé en 1851 de réunir tout ce qu'il avait écrit à ce sujet, et de le lui relire. Il m'a dicté alors, ainsi qu'à M. Goujon, diverses additions qui complètent l'histoire de ses recherches sur une des branches de la science qu'il a le plus enrichie.

Le premier chapitre rappelle que dès 1816 l'illustre physicien vengeait la France d'injustes attaques qui voulaient être méprisantes, et dans lesquelles des savants étrangers prétendaient que le grand appareil voltaïque de l'École polytechnique n'avait été qu'une infructueuse dépense, et que l'étude des sciences physiques était tombée, dans notre pays, dans un honteux discrédit. Les brillantes découvertes de M. Arago et d'Ampère n'ont pas tardé d'ailleurs à jeter un éclat qui a fait rentrer dans l'ombre tous les détracteurs.

C'est après avoir exécuté à Genève, en présence de MM. de La Rive, Prévost, Pictet, de Saussure, Marcet, de Candolle, les expériences d'Œrsted relatives à l'action exercée par les courants électriques sur l'aiguille aimantée, dont la nouvelle venait d'arriver du Danemark, que M. Arago découvrit que le courant voltaïque développe la vertu magnétique dans le fer et dans l'acier. Il a

pris soin de rappeler dans la biographie d'Ampère (tome II des *Notices biographiques*, page 57), que, le 11 septembre 1820, il a répété à son retour de Genève, devant l'Académie, les expériences du savant Danois. Sept jours après, le 18 septembre, Ampère faisait connaître sa découverte sur l'action réciproque de deux fils parcourus par des courants électriques, découverte qui est la base de l'Électro-dynamisme. Le 25 septembre, M. Arago apportait à son tour à l'illustre Corps savant ses propres observations, qui démontraient que la limaille de fer est attirée et soutenue par le fil qui joint les deux pôles d'une pile; que la limaille s'en détache à l'instant où la communication avec les pôles est interrompue; que quelquefois la limaille s'attache encore à un fil de platine ou de cuivre, quelques instants après que la communication de ce fil avec la pile a été détruite; que le courant voltaïque donne aux aiguilles d'acier une aimantation permanente dans une direction déterminée, perpendiculaire à sa propre direction, indépendante de l'action magnétique exercée par la Terre; que deux aiguilles parallèles, formant avec le fil conducteur un angle droit, mais placées à des distances égales, l'une au-dessus, l'autre au-dessous de ce fil, acquièrent en sens opposé un même degré de magnétisme.

Dès ce moment, Ampère représentait un aimant par un système de courants fermés, perpendiculaires à l'axe qui joint ses deux pôles; l'audition des découvertes de M. Arago lui suggéra à l'instant la pensée qu'on obtiendrait une plus forte aimantation des aiguilles d'acier, en substituant au fil conjonctif rectiligne dont M. Arago s'é-

tait servi, un fil roulé en une hélice, au centre de laquelle l'aiguille serait placée. Les deux illustres physiciens se réunirent alors pour étudier les phénomènes de l'aimantation par les courants électriques en hélice. Les expériences qu'ils exécutèrent furent publiées dans le tome XV des *Annales de chimie et de physique*, tant par M. Arago que par Ampère, et tous deux s'y rendent une mutuelle justice. Dès lors, la nature électrique des aimants se trouva établie.

Les chapitres II, III, IV et V de la Notice sur l'Électromagnétisme ne font que rappeler les faits précédents; seulement, M. Arago y a ajouté quelques lignes pour constater que la découverte du développement momentané du magnétisme dans une masse de fer doux, par l'action du courant voltaïque, est le principe sur lequel reposent les télégraphes électriques, dont l'histoire ne peut par conséquent se faire avec justice sans rappeler d'abord les noms d'Œrsted et d'Arago. L'illustre et scrupuleux physicien déclare d'ailleurs qu'Ampère, conduit par ses idées théoriques, conçut la possibilité d'augmenter le magnétisme momentané du fer doux en faisant circuler le courant électrique autour d'une spirale enroulant plusieurs fois les pièces en fer qu'on veut aimanter. Cette conjecture fut vérifiée en commun par Ampère et M. Arago.

Dès cette époque, M. Arago avait eu la pensée que les aurores boréales étaient de nature électrique, qu'en conséquence elles devaient agir sur l'aiguille aimantée, et qu'il serait intéressant de chercher si réciproquement l'aimant n'exerce pas d'influence sur la lumière électri-

que. Il a pris soin de faire remarquer que son projet d'expérience avait été publié dans le *Moniteur* avant que sir Humphry Davy lût son Mémoire sur le même sujet à la Société royale de Londres. La description de cette expérience forme le chapitre VI de la Notice sur l'Électro-magnétisme.

Dans le chapitre VII, M. Arago rappelle les expériences par lesquelles il a démontré que l'électricité ordinaire peut produire tous les phénomènes d'aimantation qu'il avait observés d'abord en se servant de l'électricité voltaïque. Il reconnut qu'un courant d'électricité ordinaire produit par les machines à frottement possède la propriété de rendre l'acier magnétique, lorsque l'acier est placé dans des tubes de verre enveloppés par des hélices de fil métallique ; le phénomène a surtout lieu quand on prend le soin d'interrompre le conducteur de manière à forcer l'écoulement électrique à se faire par une suite de petites étincelles. Pour les décharges électriques comme pour la pile, la direction dans laquelle le magnétisme se développe est perpendiculaire à la direction du fil conducteur.

Après la découverte de ces derniers faits, M. Arago conçut l'idée qu'il s'y trouvait un moyen simple et exact de comparer la conductibilité des différents corps pour le fluide accumulé jusqu'à de hautes tensions et sur de grandes surfaces ; il ne publia pas lui-même ce moyen, mais il autorisa Savary à en donner la description dans un Mémoire sur l'aimantation que ce savant lut à l'Académie le 31 juillet 1826, et qui a été inséré dans le tome XXIV des *Annales de chimie et de physique*. Je

dois reproduire ici cette description, afin de ne rien omettre des idées et des travaux de M. Arago.

« Je suppose, dit Savary d'après M. Arago, qu'un fil conducteur partant de l'armure extérieure d'une batterie, et rectiligne dans une portion de son étendue, se ramifie en un certain nombre de branches du même métal, toutes égales en diamètre, en forme et en longueur, et qui se réunissent toutes en un point commun. On place transversalement sur la partie droite de chaque fil, avant et après la ramification, des aiguilles d'acier, et l'on fait passer une décharge à travers tout le système. Elle parcourra tout entière le premier conducteur et se partagera entre les différentes branches en portions égales. L'aimantation des aiguilles placées sur le premier fil sera donc la mesure de l'effet produit par la quantité totale d'électricité; l'aimantation des aiguilles placées sur les fils ramifiés, la mesure de l'effet produit par une certaine fraction de cette quantité : le tiers s'il y en a trois, le dixième s'il y en a dix. On formera ainsi une échelle des intensités magnétiques relatives à une fraction quelconque d'une décharge donnée. Si ensuite, substituant aux différentes branches, toutes d'un même métal, des fils semblables de différents métaux, on fait passer à travers ce système une seconde décharge égale à celle dont on connaît l'action, elle se partagera inégalement entre les différents fils, et des aiguilles pareilles aux premières, placées transversalement sur chacun d'eux, indiqueront, par le degré de leur aimantation, si un métal a transmis le tiers, un autre le quart, un autre le dixième de la quantité totale d'électricité. »

Le chapitre VIII de l'Électro-magnétisme est consacré à la découverte la plus importante que M. Arago ait faite dans cette branche des sciences. Jusqu'à cette découverte, on ne connaissait, en ce qui concerne les actions magnétiques des corps autres que le fer, que des faits douteux ou inconstants, aperçus dans quelques-unes des expériences de Coulomb, d'Ampère ou de M. Becquerel. En 1822, alors que sur la pente de la belle colline de Greenwich il déterminait, avec son illustre ami Alexandre de Humboldt, l'intensité magnétique, M. Arago remarqua que toute aiguille aimantée mise en mouvement atteint plus tôt le repos quand elle est placée dans la proximité de substances métalliques ou non métalliques que lorsqu'elle en est éloignée. Les expériences qu'il entreprit à la suite de cette remarque donnèrent lieu à une communication faite le 22 novembre 1824 à l'Académie des sciences; bientôt après, il montra qu'inversement un corps en mouvement agit sur l'aiguille magnétique en repos pour la dévier plus ou moins de la position d'équilibre qu'elle occupe par suite de l'action directrice de la Terre, et même pour l'entraîner tout à fait si la rotation du corps en mouvement est suffisamment rapide. Les conséquences que l'on peut tirer de cette découverte sont indiquées dans le chapitre VIII de la Notice sur l'Électro-magnétisme. Quant à l'explication que M. Faraday a cru pouvoir en donner, en rapportant tous les faits observés à la simple induction de courants fugitifs, M. Arago ne l'a jamais acceptée complétement; il m'a fait faire, dans les derniers temps de sa vie, ainsi qu'à M. Laugier, des expé-

riences qui ont montré que les corps qui passent pour être les moins conducteurs de l'électricité, qui ne se laissent traverser ni par l'électricité ordinaire des machines à frottement, ni par l'électricité voltaïque des plus fortes piles, exercent cependant une action très-considérable sur l'aiguille aimantée en mouvement. Le dernier vœu à cet égard de M. Arago a été pour que de nouvelles expériences vinssent faire disparaître les obscurités qui règnent encore dans cette branche de l'électricité.

Sous le titre d'Électricité animale, se trouvent réunies trois Notes que M. Arago avait eu l'occasion d'écrire en 1836, 1846 et 1853 à propos de l'étincelle de la torpille, d'une prétendue jeune fille électrique et des phénomènes des tables tournantes. Selon une habitude dont il a donné le constant exemple et qui doit être plus particulièrement suivie quand on s'occupe de ces matières délicates, l'illustre physicien a pris soin de distinguer nettement les faits qu'il était possible de toujours reproduire en se plaçant dans des circonstances définies et comparables, de ceux qui dépendraient d'actions mystérieuses ou incertaines, dont il repoussait énergiquement l'invasion dans le domaine des sciences positives. Les phénomènes électriques présentés par certains poissons sont incontestables ; ceux que disait offrir la jeune fille étaient une indigne supercherie ; quant aux phénomènes des tables tournantes et parlantes qui occupèrent si étrangement les deux mondes en 1853, loin de nier l'existence de quelques faits à la rigueur possibles,

l'illustre physicien a tenu à montrer que certains ébranlements très-petits, répétés un grand nombre de fois, finissent par produire des mouvements considérables. Mais il n'était nullement nécessaire, pour expliquer les phénomènes réellement constatés, d'avoir recours à l'hypothèse d'une faculté attribuée aux êtres animés de développer dans des corps inertes une électricité d'une nature particulière, ni à aucune des influences mystérieuses qu'on a invoquées. Du reste, les folies auxquelles le public s'abandonna à propos des tables tournantes rappellent celles que M. Arago a flétries dans la partie de la Biographie de Bailly, où les phénomènes du magnétisme animal sont examinés avec la plus remarquable impartialité (tome II des *Œuvres*, pages 286 à 315).

La Notice sur le magnétisme terrestre renferme un grand nombre de recherches personnelles de M. Arago; il a pris soin lui-même d'indiquer comment il a été conduit à entreprendre cette belle série de travaux dans le premier chapitre de sa Notice, chapitre qu'il a dicté en 1851. Du reste, sauf des définitions et quelques courtes explications sur les phénomènes de l'aiguille aimantée, extraites des *Annuaires du Bureau des Longitudes* pour 1814 et 1819; sauf aussi quelques notes insérées dans les *Annales de chimie et de physique*, tous les chapitres de cette Notice étaient restés inédits.

La plupart des observations de déclinaison, d'inclinaison et d'intensité magnétiques faites à Paris, dans la première moitié de ce siècle, ont été exécutées par

M. Arago lui-même. Les nombreuses observations journalières, poursuivies pendant treize années avec une admirable persévérance par l'illustre physicien, n'avaient jamais été publiées. J'en ai fait faire la réduction par M. Fédor Thoman, de manière à pouvoir établir les moyennes, qui seules devaient prendre place dans la Notice, et nous avons, M. Gide et moi, déposé sur le bureau de l'Académie des sciences les manuscrits et les registres originaux; ils sont formés de 2,856 pages manuscrites, dont 2,599 sont de la main même de M. Arago; ces pages sont réunies dans sept registres reliés et un carton de feuilles détachées; elles contiennent les expériences de M. Arago sur le magnétisme terrestre et 73,000 observations de variations de la déclinaison, de l'inclinaison et de l'intensité magnétiques. Nous avons également déposé dans la bibliothèque de l'Institut les originaux des calculs de M. Thoman.

La Notice sur le magnétisme contient aussi les résultats de diverses mesures exécutées par M. Arago pendant un voyage qu'il a fait en Italie en 1825.

Je dois ajouter que c'est à lui que l'on doit la découverte faite en 1827 des variations diurnes tant de l'aiguille d'inclinaison que de la valeur absolue de l'intensité magnétique.

L'influence exercée par les aurores boréales sur l'aiguille aimantée, de manière à troubler la marche régulière des variations diurnes, est encore une découverte qui appartient incontestablement à M. Arago. Il l'a publiée pour la première fois, en 1819, dans les *Annales de*

chimie et de physique. Depuis cette époqne, et pendant les douze années qu'il a consacrées à l'étude des variations magnétiques diurnes à Paris avec une si remarquable persévérance, il n'a pas cessé de recueillir toutes les descriptions d'aurores boréales qui se produisaient, et il est ainsi parvenu à vérifier les prédictions que l'examen de sa boussole lui permettait de faire du fond de son cabinet de l'Observatoire. Lorsqu'il apercevait dans l'aiguille aimantée des mouvements irréguliers, des agitations folles, il marquait en marge de son registre d'observations la probabilité de l'apparition d'une aurore boréale dans quelque partie de la Terre; et plus tard, quand une description du phénomène qu'il avait soupçonné lui parvenait, il la plaçait à côté de sa prédiction. Il a ainsi peu à peu réuni tous les éléments d'un travail auquel il attachait beaucoup d'importance. Des fragments seulement en ont été publiés dans les *Annales de chimie et de physique*, où il a soutenu quelques polémiques contre plusieurs physiciens étrangers qui lui contestaient le mérite de sa découverte. Il m'a chargé de réunir toutes les notes qui se trouvaient éparses, soit dans les *Annales*, soit dans ses registres d'observations, et, après une révision et quelques additions dictées en 1852, il en a composé la Notice très-développée (162 pages) qui termine le tome IV des *Œuvres*.

Les articles renfermés dans les tomes II et III des *Notices scientifiques* (V et VI des *Œuvres*) sont relatifs à

de grandes questions d'industrie ou de travaux publics.

Dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* de 1829, M. Arago a fait paraître la première édition de sa célèbre Notice sur les machines à vapeur. Il a reproduit cette Notice une première fois dans l'*Annuaire* de 1830, en la faisant suivre d'une étude sur les explosions auxquelles ces appareils sont sujets, sur leurs causes et sur les moyens de les prévenir. Dans l'*Annuaire* de 1837, il l'a réimprimée de nouveau, en l'accompagnant cette fois de l'examen des observations critiques dont elle avait été l'objet dans la Grande-Bretagne. J'ai reproduit la Notice *telle* qu'elle avait été publiée en 1837; du reste, cette édition ne diffère des précédentes que par des corrections purement typographiques et par la suppression d'une courte note ainsi conçue : « Le docteur Robison paraît aussi attribuer la soupape de sûreté à Savery; car il la fait figurer dans la description de la machine de cet ingénieur, sans nommer Papin, dont il connaissait cependant l'ouvrage sur le digesteur. Mais l'impartialité habituelle de M. Robison s'est toujours démentie quand il a dû parler de Papin. Ses préventions, je ne saurais les qualifier autrement, étaient telles, comme on l'a vu, qu'il se trompait constamment, même sur *la date* des ouvrages du physicien de Blois qu'il consentait à citer. » Le but que M. Arago avait poursuivi en composant sa Notice était atteint. Papin est rentré dans la gloire que son invention lui méritait.

L'examen des observations critiques dont la Notice sur les machines à vapeur avait été l'objet forme le

dernier chapitre de la nouvelle édition que j'en ai donnée. M. Arago, ayant relu avec moi son texte de 1837, m'a chargé d'y ajouter, pour corroborer son argumentation, des fac-simile des dessins originaux des machines de Salomon de Caus, de Savery et de Papin, ainsi que le texte des descriptions des deux machines de Papin, extrait du *Recueil de diverses pièces touchant quelques machines nouvelles*, publié à Cassel en 1695 par l'illustre et malheureux inventeur français.

Pour avoir l'ensemble complet de l'histoire de la machine à vapeur, le lecteur devra rapprocher de la Notice insérée dans le tome V des *Œuvres* les pages 383 à 421 de l'Éloge de Watt (tome I des *Œuvres* et des *Notices biographiques*). Quelques questions ont été traitées deux fois par l'illustre physicien, mais d'une manière plus technique dans la Notice scientifique, et avec plus de développements littéraires dans la Biographie; ici d'ailleurs les mérites de Watt sont plus particulièrement mis en évidence.

J'ai inséré immédiatement après la précédente, la Notice de l'*Annuaire* de 1830, relative aux explosions des machines à vapeur. L'édition que j'ai donnée, contient en outre un chapitre nouveau sur la variation de la force élastique de la vapeur d'eau avec la température, une Note remise à M. Arago par M. d'Arcet, en 1837, sur les incrustations des chaudières, des remarques relatives aux prétendus dangers des machines à haute pression, et quelques considérations dictées par M. Arago sur la surveillance des machines.

La Notice sur les explosions des machines à vapeur

n'était primitivement qu'un chapitre d'un traité élémentaire complet sur les machines à feu. Voici à ce sujet, ainsi que sur la polémique soutenue contre des écrivains anglais et dont j'ai parlé plus haut, une Note que M. Arago a publiée dans l'*Annuaire* de 1830, et qui n'a pas pris place dans les *Œuvres* :

« La bienveillance avec laquelle le public voulut bien accueillir la *Notice historique* que j'insérai dans l'*Annuaire* de 1829 m'avait imposé le devoir de la compléter cette année. Je m'étais donc attaché à traiter, de la manière la plus élémentaire possible, toutes les questions relatives aux machines à vapeur qui n'entraient pas dans le cadre du premier article; ainsi, je passais successivement en revue les essais qu'on a faits pour exécuter des machines à rotation immédiate, à gaz comprimés, à gaz explosifs, etc. ; je signalais les avantages et les inconvénients des différentes formes de chaudières, des divers moyens d'alimentation, des diverses soupapes de sûreté, etc., etc. Un chapitre était consacré aux fourneaux ordinaires et aux fourneaux fumivores, un autre aux explosions ; dans un troisième je présentais l'évaluation numérique des effets utiles qu'on peut attendre de l'emploi des machines à feu dans les divers genres de travaux. Je terminais enfin par une discussion détaillée des questions variées que les bateaux, les chariots et l'artillerie à vapeur ont fait naître.

« Ce petit traité élémentaire des machines à feu était rédigé et même imprimé en partie, lorsque j'ai eu connaissance des violentes diatribes dont ma première Notice a été l'objet en Angleterre. Je devais au public, à la

bonté qu'avait eue le Bureau des Longitudes d'insérer dans l'*Annuaire* le résultat de mon premier travail, je me devais enfin à moi-même de ne pas laisser ces critiques sans réponse. Je m'empressai donc d'analyser le pamphlet qui, après avoir été débité en séance publique au *Royal Institution*, a paru dans le *Quarterly Journal of Science*, et d'en discuter pas à pas tous les arguments; mais il est arrivé ainsi que ma réplique s'est trouvée trop étendue pour l'*Annuaire*. Peut-être, au reste, malgré l'intérêt national qui doit s'attacher à la question en litige, y aurait-il eu quelque inconvénient à insérer un article de pure polémique dans un ouvrage d'où l'on a jusqu'ici écarté avec soin tout ce qui pouvait avoir l'apparence d'une discussion; or, on devinera aisément que celle dans laquelle je me trouve engagé ne pouvait être exempte de quelque vivacité, si je dis qu'on m'oppose des ouvrages *qui n'existent pas*, des passages altérés d'une manière vraiment incroyable, etc., etc. Ma réponse aux critiques anglais paraîtra donc ailleurs; elle paraîtra prochainement, et alors on sera, j'espère, convaincu qu'il n'y a pas, quoi qu'on en ait dit, une seule assertion à modifier dans ce que j'ai déjà publié concernant l'origine de la machine à feu et les améliorations successives qu'elle a éprouvées. Aussi, tout bien considéré, et en mettant entièrement de côté les formes de la discussion, j'aurai à me féliciter qu'on ait osé l'entreprendre. Je regrette seulement que la polémique dont les autres articles relatifs aux machines à feu deviendront inévitablement l'occasion m'empêche de les imprimer dans l'*Annuaire;* car ils auraient contribué, je pense, à répandre dans le public

des notions exactes sur ces puissants appareils : mais il fallait éviter d'engager la discussion dans un ouvrage où elle ne pouvait pas être suivie. On voit maintenant comment j'ai été amené à supprimer les Notices que j'avais annoncées l'an dernier, et dont la réunion devait compléter cet *Annuaire.* J'ai pris, cependant, le parti de conserver un des chapitres, celui qui traite des explosions des chaudières, parce qu'il ne semble pas susceptible par sa nature de donner lieu à une discussion de priorité, parce qu'il était déjà entièrement imprimé; enfin, et principalement, parce que l'époque très-prochaine de la publication de ce petit ouvrage ne m'aurait pas laissé le temps de le remplacer par un article de même étendue qui me parût mériter d'être offert aux lecteurs. »

Je dois dire ici que M. Arago ne m'a pas parlé du Traité qu'il mentionne dans la Note précédente, et que j'ai fait de vaines recherches pour le retrouver.

L'étude approfondie que M. Arago avait faite des machines à feu, les expériences qu'il avait exécutées en collaboration avec Dulong sur la force élastique de la vapeur, expériences dont je parlerai plus loin, lui avaient acquis une juste autorité dans tout ce qui concerne la construction et l'emploi de ces machines, qui ont joué un si grand rôle dans la révolution économique et industrielle accomplie pendant la première moitié du XIX[e] siècle. Aussi l'illustre physicien a pris plusieurs fois la parole à la Chambre des députés, savoir : les 7 et 8 mai 1834, le 29 mai 1835, les 16 et 17 juin 1840 et le 2 juillet 1844, sur les encouragements qu'il

jugeait nécessaire qu'on donnât aux constructeurs français pour arriver à doter notre pays des grands ateliers de construction de machines puissantes pour la marine et les chemins de fer, qui aujourd'hui sont dans une si grande prospérité. J'ai placé la collection des discours qu'il a prononcés sur ce sujet à la suite des Notices sur les machines à vapeur dont je viens de faire l'histoire.

Pendant sa vie parlementaire, M. Arago s'est beaucoup occupé des chemins de fer; mais l'influence qu'il a exercée me paraît avoir été appréciée sans qu'on ait fait un examen suffisamment attentif de l'ensemble de ses travaux et de ses opinions. J'ai réuni à la suite de ce qui concernait les machines à vapeur les rapports que M. Arago a écrits, et les discours qu'il a prononcés sur les chemins de fer. Les plus importants de ces documents, dont l'ensemble forme 234 pages, sont les rapports sur la nécessité de faire exécuter les chemins de fer par les compagnies (24 avril 1838), sur le chemin de fer à trains articulés de M. Arnoux (20 juillet 1840 et 10 juillet 1844), et sur les systèmes de chemins de fer atmosphériques (16 juillet 1844).

Le premier rapport a eu une influence décisive sur le mode d'exécution des voies ferrées en France. Le gouvernement voulait que l'État fût chargé tout au moins des lignes principales ; M. Arago fit rejeter le projet présenté par le ministère, en montrant qu'il était urgent de recourir au crédit public et aux compagnies. S'il est résulté du rejet du projet du gouvernement quelque retard

dans l'établissement des nouvelles voies de communication, le parti que M. Arago fit adopter eut au moins pour résultat de féconder en France l'esprit d'association, que des résolutions contraires eussent étouffé. J'ajouterai que peut-être on n'a pas tenu assez de compte des recommandations que faisait M. Arago sur la nécessité d'une étude préalable de quelques questions fondamentales, qui engageaient l'avenir et dont les solutions adoptées ont eu pour résultat d'empêcher des progrès qui eussent été excessivement favorables à l'intérêt public. Pour n'en citer qu'un exemple, je dirai qu'une largeur de voie trop étroite, adoptée sur une seule ligne ferrée, a suffi pour forcer toutes les compagnies à prendre un matériel qui ne peut se plier aux perfectionnements dont la pratique indique l'utilité. Les nouveaux systèmes imaginés par MM. Arnoux, Clegg et Samuda, Hallette, Pecqueur et tant d'autres inventeurs ingénieux, ne sauraient être non plus désormais employés, à cause de la difficulté et du prix énorme des transformations qu'il faudrait introduire dans l'exploitation des chemins de fer. M. Arago avait donc raison d'insister pour qu'on ne compromît pas l'avenir par trop de hâte, et je crois que la lecture des rapports dont je viens de parler, et des discours qu'il a prononcés les 12 et 14 juin 1836, le 24 juin 1837, les 9 et 10 mai 1838, le 16 juin 1840, les 2 et 19 juillet 1844, le 20 juin 1845, laissera dans les esprits la conviction de la justesse de ses idées. Dans tous les cas, il y a dans ces pages les documents les plus intéressants sur les inventions qui ont dû s'ajouter les unes aux autres pour amener l'exécution de travaux publics qui n'avaient pas

encore eu d'analogues dans l'histoire de l'humanité. J'ai reproduit tous ces documents tels qu'ils avaient paru, soit dans le *Moniteur*, soit dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences;* seul, le discours prononcé le 2 juillet 1844 (pages 360 à 393) avait été revu par l'illustre physicien, qui y avait introduit des corrections relatives à la forme de quelques phrases. Ce discours contient l'histoire des machines à vapeur locomobiles, et vient ainsi tout naturellement après les Notices du tome V des *Œuvres* sur les machines à feu, qui ont fait une révolution si extraordinaire dans l'industrie des deux mondes.

La télégraphie électrique a admirablement complété l'invention des chemins de fer; alors que la vitesse des hommes et des choses doublait ou triplait, celle des idées devait se centupler. Les télégraphes électriques ont en outre assuré la facilité de l'exploitation des voies ferrées, et empêché, par la rapidité des signaux, la trop grande fréquence des accidents provenant de la circulation de masses pesant des centaines de milliers de tonnes avec une vitesse qui multiplie le danger des chocs. M. Arago a immédiatement compris l'avenir de la télégraphie électrique, à laquelle d'ailleurs, comme je l'ai dit plus haut, il avait fourni un fait fondamental, l'aimantation instantanée du fer doux. Il s'est attaché à hâter l'adoption en France du nouveau système de communication, et il a insisté pour qu'il ne restât pas un monopole gouvernemental, et qu'il pût être employé dans les correspondances particulières, chose qui en

France, en 1846, paraissait une énormité. J'ai donc réuni, à la suite des écrits et des discours de M. Arago sur les chemins de fer, les trois discours qu'il a prononcés les 2 juin 1842, 29 avril 1845 et 18 juin 1846, sur les télégraphes. Dès 1842, l'illustre physicien s'opposait à des expériences qu'on voulait faire sur de nouveaux systèmes de télégraphes de nuit, en annonçant que prochainement les télégraphes électriques remplaceraient tous les autres télégraphes. Ses discours renferment un précis historique de la nouvelle invention.

Le 5 juin 1837, à la tribune de la Chambre des députés, M. Arago disait que M. Vicat, par ses travaux sur les chaux hydrauliques naturelles et artificielles, avait fait faire à l'art des constructions une révolution totale; il ajoutait qu'il n'exagérait pas en portant à 50 ou 60 millions l'économie que cette révolution avait procurée aux particuliers et au gouvernement, et il déplorait que l'illustre ingénieur n'eût pas même reçu dans son corps un avancement auquel son mérite lui donnait des droits incontestables. Huit ans plus tard, en 1845, M. Arago avait le bonheur d'être le rapporteur d'une Commission chargée de l'examen d'un projet de loi tendant à accorder une pension annuelle et viagère de 6,000 fr. à M. Vicat. Pour contre-balancer le peu d'importance du chiffre de la pension, en présence de la grandeur des services rendus, il faisait ajouter, dans le texte du projet de loi, qu'elle était accordée à titre de récompense nationale. Le rapport de M. Arago contient une histoire complète

de la fabrication des chaux, des ciments, des pouzzolanes, et une appréciation statistique des économies apportées par les recherches de M. Vicat dans les grands travaux publics. Ce rapport avait déjà été inséré dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1846; je l'ai reproduit en y ajoutant seulement le discours prononcé en 1837.

L'amélioration de nos cours d'eau et de nos principaux ports maritimes, ainsi que les inventions qui pouvaient rendre plus sûre et plus rapide la navigation, ont été longtemps le sujet des préoccupations de M. Arago. J'ai cru devoir réunir sous un titre commun, et pour terminer ce volume de ses *Œuvres*, les discours, rapports ou notes diverses qu'il a composés à ce sujet en 1833, 1835, 1837, 1839, 1842 et 1846. C'est dans le disours du 2 mars 1846 et dans une note écrite en 1837, que l'illustre savant a exposé ses idées sur l'élévation de l'eau de la Seine au moyen de turbines annexées à un barrage placé sur l'un des bras du fleuve; il sera bon de rapprocher des indications qu'on y trouve le rapport sur la filtration des eaux et sur l'élévation de l'eau des mines, que j'ai inséré dans le volume suivant (pages 481 à 510). Tous ces documents ont été reproduits tels qu'ils avaient été communiqués à l'Académie des sciences ou à la Chambre des députés. M. Arago est aussi revenu sur l'élévation des eaux de la Seine au moyen des turbines dans son travail sur les fortifications de Paris, à propos des manœuvres d'eau qui pourraient

beaucoup ajouter à la puissance des moyens de défense de la ville (tome VI des *Œuvres*, page 86).

Le troisième volume des *Notices scientifiques* a été consacré, comme le précédent, aux grandes questions d'intérêt public dont M. Arago s'est occupé.

L'illustre physicien a été nommé membre de la Commission des phares, le 21 juillet 1813, par le comte Molé, alors directeur général des ponts et chaussées; il était encore considéré comme faisant partie de cette Commission au moment de sa mort. M. Arago rappelle lui-même qu'il eut le bonheur de faire attacher Fresnel au service des phares et d'amener ainsi à Paris cet homme de génie.

L'éclairage de nos côtes, l'établissement des signaux nécessaires pour indiquer aux navigateurs pendant les ténèbres de la nuit les récifs dangereux ou l'entrée des ports, ont été l'objet de ses méditations pendant plus de quarante années. La Notice sur les phares est le résumé des travaux auxquels il a pris part. En plusieurs circonstances, il a publié quelques-unes de ses recherches.

Le 13 novembre 1815, M. Arago lut à l'Académie des sciences un rapport sur un phare à réflecteur parabolique construit par Lenoir; ce rapport a été inséré dans le tome XCVI des *Annales de chimie*.

MM. Arago et Fresnel imaginèrent ensemble des becs de lampes à mèches concentriques, dont la description

parut dans les *Annales de chimie et de physique* en 1821 et 1822 (tome XVI, page 377, et tome XX, page 317), ainsi que dans le *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale* (tome XX, page 175).

En mai 1827, M. Brewster ayant lu, devant la Société royale d'Edinburgh, une dissertation sur le nouveau mode d'éclairage des phares adopté en France, qui contenait une revendication de l'invention des phares lenticulaires, M. Arago a fait une vive réponse à l'illustre physicien écossais, dans le tome XXXVII des *Annales de chimie et de physique* (page 392).

Enfin dans les séances de la Chambre des députés des 30 mai et 6 juin 1833, et du 25 mai 1842, M. Arago a prononcé des discours destinés à justifier les crédits demandés pour les phares ; et dans ces discours, il a montré la supériorité du système employé en France sur tous les systèmes qui avaient été essayés à l'étranger.

J'ai été chargé par mon illustre maître, en 1852, de réunir tous ces travaux épars, de les lui relire, et il les a alors coordonnés avec quelques notes inédites, pour en faire la Notice contenue dans le tome VI des *Œuvres*, notice que l'on devra d'ailleurs rapprocher du chapitre consacré aux phares dans la Biographie de Fresnel (tome I des *Œuvres*, page 167).

Tout le monde sait que M. Arago a pris une part considérable aux discussions auxquelles l'établissement des fortifications de Paris a donné lieu. Tout à fait contraire à la construction des forts détachés, M. Arago était partisan déclaré d'une enceinte continue bastion-

née, réalisation du projet de Vauban; il s'opposa à la combinaison qui a été adoptée d'une ceinture de forts entourant l'enceinte continue. L'illustre physicien prit part au débat qui, sur ce sujet, agita longtemps le pays, soit par des articles de journaux, soit par des discours à la Chambre des députés, soit par des brochures. Il a repris tous ces écrits et les a refondus, en 1850, dans une Notice qui forme 158 pages, et à la suite de laquelle j'ai inséré cinq lettres qui avaient paru dans divers journaux, afin de donner l'ensemble complet et exact des travaux de mon maître, non pas seulement sur la question spéciale des fortifications de Paris, mais sur les meilleurs moyens de défense du sol de la patrie. Les méditations d'un homme de la valeur de M. Arago sur un sujet d'une telle importance, les documents nombreux que sa haute position lui permettait de recueillir, et qu'il a accumulés avec sa sagacité exceptionnelle, seront toujours consultés avec intérêt, quelle que soit d'ailleurs l'opinion que l'on ait sur le point particulier qui a été l'occasion de ses recherches.

M. Arago s'est occupé des fortifications et de l'armement des places de guerre en 1831, 1833, 1839, 1841, 1843, 1844 et 1845. Les brochures qu'il a publiées à ce sujet ont paru en 1841 et 1843. La première (in-8° de 158 pages, chez Bachelier) a pour titre : *Sur les Fortifications de Paris;* elle est le développement du discours qu'il avait prononcé à la Chambre des députés le 29 janvier. La seconde (in-32 de 125 pages, chez Pagnerre) est intitulée : *Études sur les fortifications de Paris, considérées politiquement et militairement;* elle

se compose de trois lettres, ayant respectivement pour titres : Sur les forts détachés; sur l'enceinte continue; sur les objections que les divers systèmes de fortifications ont fait naître et conclusions.

Ces brochures, ainsi que tous les discours prononcés par M. Arago à la tribune de la Chambre des députés, soit sur les fortifications de Paris et du Havre, soit sur la carabine Delvigne et la transformation des armes à silex en armes à percussion, soit enfin sur les armes à vapeur de M. Perrot et le procédé de M. Grimpé pour fabriquer les bois de fusil mécaniquement, ont été refondus par moi sous sa direction; j'ai fait disparaître les répétitions et élagué quelques discussions personnelles qu'il m'a semblé inutile de conserver.

Une première édition de la Notice sur les puits forés, connus sous les noms de puits artésiens, ou fontaines artésiennes, ou fontaines jaillissantes, a été insérée dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1835. C'est une de celles qui ont le plus vivement excité l'attention du public; son apparition a coïncidé avec les travaux de forage du puits de Grenelle, qui ont exercé une si grande influence sur la vulgarisation dans le monde entier des nouveaux procédés de sondage.

La vraie théorie des fontaines jaillissantes n'a été universellement adoptée que depuis la publication du travail de M. Arago. L'illustre physicien ne voyait pas seulement dans le forage d'un grand nombre de fontaines jaillissantes, un procédé propre à fournir aux populations ou à l'industrie des eaux jouissant de qualités utiles;

il y apercevait, en même temps qu'un bienfait immédiat, le moyen de résoudre une des questions les plus intéressantes pour la physique du globe, celle de déterminer la loi de l'accroissement de la température à mesure qu'on s'enfonce plus profondément dans l'intérieur de la Terre. Aussi s'est-il attaché à rechercher lui-même ou à faire rechercher, avec le concours de M. Walferdin, dont les ingénieux thermomètres à déversement permettent d'obtenir des résultats très-exacts, les températures des couches les plus profondes auxquelles on soit parvenu dans tous les forages effectués.

En insérant en 1837, dans les *Annales de chimie et de physique*, le Mémoire de Poisson sur les températures de la partie solide du globe, de l'atmosphère, et du lieu de l'espace où la Terre se trouve actuellement (tome LXIV, page 337), M. Arago le fit précéder de la note suivante : « Nous manquerions à notre premier devoir comme rédacteur d'un journal scientifique, si nous n'insérions pas dans ces Annales un Mémoire de physique générale sorti de la plume de M. Poisson ; je crois en même temps que je ne serais pas moins infidèle au mandat que je me suis donné, si je ne rendais pas publiques les objections, à mon avis insurmontables, qu'on peut opposer aux vues de l'illustre géomètre. Ces objections, on les trouvera dans un prochain cahier. Ce sera ensuite aux physiciens à prononcer. » Les objections dont parlait M. Arago reposent sur l'observation, qui démontre que les températures, au moins dans l'épaisseur de la couche terrestre qui a été explorée jusqu'à ce jour, croissent proportionnellement à la profondeur,

tandis que la théorie de Poisson suppose que l'accroissement de température, d'abord sensiblement uniforme, atteindrait un maximum et diminuerait ensuite. La chose intéresse l'histoire de l'humanité, car si la théorie de Poisson était vraie, la surface de la Terre deviendrait inhabitable au bout d'un certain nombre de siècles. D'un autre côté Fourier avait prouvé aussi que si la Terre recevait toute sa chaleur du Soleil, la température de ses couches serait dans chaque climat la même à toutes les profondeurs accessibles. L'observation des températures à diverses profondeurs devait donc donner la solution de cette grande question de philosophie naturelle.

M. Arago rapporte qu'en octobre 1821, pendant que de concert avec MM. Colby, Kater et Mathieu, il exécutait les opérations géodésiques destinées à rattacher la triangulation française à la triangulation anglaise, il fut mis sur la voie de la solution du problème, lorsqu'il constata que la température des sources qui jaillissent au pied de la falaise du cap Blanc-Nez est notablement plus élevée que la température moyenne des eaux des puits ordinaires voisins. Il a signalé ce fait à l'Académie des sciences dans sa séance du 23 août 1824, en rendant compte d'un travail entrepris d'après ses indications par M. Bergère, sur les nombreuses sources artésiennes des départements du Nord et du Pas-de-Calais.

Tous les résultats que M. Arago a pu se procurer à cette époque, et pendant plus de trente années de recherches persévérantes, sur la température des diverses couches de notre globe, sont consignés dans le cha-

pitre IX de la Notice sur les puits forés, chapitre composé de 84 pages, dont quelques parties seulement avaient paru dans les *Annales de chimie et de physique* ou dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences.*

Les températures déterminées se classent sous trois titres principaux : températures des mines, températures des sources thermales, températures des puits artésiens. Une grande partie des observations relatives aux sources thermales ont été faites en 1826 par M. Arago lui-même, pendant un voyage dans le midi de la France; elles étaient consignées dans un carnet de voyage, d'où j'ai dû les extraire. Deux paragraphes particuliers sont aussi consacrés à l'étude des températures de la couche la plus voisine de la surface et de celles des sources, des ruisseaux et des rivières. Quelques-unes des déterminations faites dans les puits forés ont été publiées dans les *Comptes rendus de l'Académie.*

Après le chapitre sur la température de l'intérieur du globe, je dois signaler encore d'une manière particulière celui relatif à l'histoire complète et détaillée du forage du puits de Grenelle (48 pages), histoire qui a été écrite en quelque sorte jour par jour et qui est accompagnée d'une coupe des terrains rencontrés par la sonde. Le chapitre relatif aux puits artésiens de l'Algérie a été dicté en 1852.

Je n'ai pas à revenir sur ce que j'ai dit précédemment des deux rapports de M. Arago, insérés après la Notice sur les puits forés; l'un de 1835, relatif aux machines de M. Juncker, pour l'élévation de l'eau des mines,

l'autre de 1857, sur les appareils de filtrage de M. de Fonvielle.

Les diverses Notices relatives à nos grands établissements d'utilité publique sont extraites de rapports ou de discours faits par M. Arago : en 1831, sur la construction de la salle des séances de la Chambre des députés ; en 1843, sur l'hôtel de Cluny et la collection de Dusommerard ; en 1844, sur l'École vétérinaire de Lyon et le Conservatoire des arts et métiers ; en 1841 et 1844, sur les Écoles d'arts et métiers et en particulier sur l'École de Châlons ; en 1836, sur le Muséum d'histoire naturelle de Paris et sur le Collége de France ; en 1833, sur nos grandes bibliothèques ; en 1844, sur les prisons ; en 1847, sur de grands travaux à entreprendre dans Paris ; en 1844 et 1851, sur l'Observatoire de Paris. Dans toutes ces Notices, M. Arago n'a pas manqué de faire l'historique des établissements pour lesquels il demandait ou appuyait des améliorations, de telle sorte qu'elles ont conservé un intérêt durable.

C'était pour moi un devoir de recueillir l'opinion de M. Arago sur les grandes questions du régime douanier le plus favorable à l'industrie française, et sur la législation des brevets d'invention la plus propre à encourager les travailleurs, sans entraver la marche du progrès. M. Arago m'avait d'ailleurs, en 1853, fait rechercher les discours qu'il avait prononcés en 1836 et en 1844 sur ces deux grandes questions d'intérêt public,

et, après en avoir entendu la lecture, il n'avait rien trouvé à modifier dans l'expression de ses idées.

M. Arago aimait à indiquer par des comparaisons numériques la mesure des progrès accomplis. La civilisation a fait dans notre siècle des pas de géants, grâce à l'essor immense de l'industrie secondée par les découvertes inattendues des sciences physiques. Le mouvement des idées a été accéléré par le déplacement des hommes et des choses. La facilité des communications est le signe de l'activité sociale en même temps que le levier le plus énergique du progrès.

En 1824, dans le tome XXVII des *Annales de chimie et de physique* et dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1825, M. Arago a inséré une note contenant des extraits très-intéressants d'un Mémoire de M. Girard sur les avantages respectifs des divers modes de transport; cette note donne une comparaison saisissante des moyens de communication qui existaient alors entre la capitale et les provinces avec ceux que la France possédait soixante ans auparavant. Dans un discours prononcé en 1838 à la Chambre des députés (tome V des *Œuvres*, page 314), il est revenu sur ce sujet en prédisant que l'établissement des chemins de fer multiplierait les voyages dans une énorme proportion. En 1851, voulant vérifier l'exactitude de ses prévisions, il réunit de nouveau quelques chiffres destinés à mettre en évidence les résultats acquis. Je dois placer ici les notes instructives que j'ai trouvées dans ses cartons.

« En 1766, vingt-sept coches partaient chaque jour

de Paris pour diverses provinces; ils contenaient environ 270 voyageurs. En 1824, près de trois cents voitures étaient dirigées chaque jour de la capitale sur les départements. Ces voitures conduisaient de 3,000 à 4,000 voyageurs. En 1850, les chemins de fer amenaient en moyenne 15,000 voyageurs par jour à Paris.

« Le prix du dernier bail de la ferme des messageries, avant 1792, était de 600,000 francs. Le produit annuel de la taxe sur les voitures publiques était d'environ 4 millions de francs dans les années qui ont précédé la révolution de 1830; il se montait à près de 6 millions en 1838; il s'élevait à environ 15 millions en 1850.

« La recette totale des chemins de fer était de 97 millions de francs en 1850 pour 2,900 kilomètres en exploitation.

« Le carrosse de Rouen mettait, en 1766, trois jours pour se rendre à Paris et on payait 15 francs par place. On payait encore 15 francs en 1824, mais on n'était plus que douze ou treize heures en chemin. En 1850, le prix des places, selon les classes des voitures du chemin de fer, était de 10 à 15 francs, et on ne restait plus en route que de 3 à 4 heures.

« Vers le milieu du siècle dernier, un voyageur payait 50 francs pour se rendre de Paris à Lyon par le coche; il y arrivait le dixième jour. En 1824, pour un prix de 72 francs, il arrivait en moins de trois jours. »

En 1851, le chemin de fer de Lyon n'était pas achevé, et M. Arago n'a pu compléter sa comparaison. Mais tout le monde sait aujourd'hui que depuis 1854 on ne paye en première classe que 57 francs pour aller à Lyon, et

que par le train poste on y arrrive en moins de onze heures.

En 1853, au moment de la mort de M. Arago, 25 millions de voyageurs fréquentaient annuellement les 4,000 kilomètres de chemins de fer alors livrés en France à l'exploitation, et la recette totale s'élevait à 160 millions de francs. On n'était plus très-loin des 250 millions de recettes annuelles qu'il avait annoncés pour l'époque où le réseau de nos voies ferrées serait terminé.

Le quatrième volume des *Notices scientifiques* (tome VII des *Œuvres*) transporte le lecteur loin des applications industrielles, dans le domaine des théories abstraites; il est entièrement consacré à l'optique et à l'astronomie. Il débute par le beau travail de M. Arago sur la scintillation, déjà inséré en 1852 dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, et reproduit dans le tome VII des *Œuvres*, sans autres changements que de légères corrections typographiques. J'ai seulement ajouté, sous forme d'appendice, quatre notes déjà publiées en 1814, 1816, 1824 et 1840 dans le *Voyage aux régions équinoxiales* de M. de Humboldt, les *Annales de chimie et de physique* et les *Comptes rendus de l'Académie des sciences;* elles garantissent à M. Arago l'antériorité de son explication de la scintillation par la théorie des interférences et par la présence, dans les régions supérieures de l'atmosphère, de couches inégalement réfringentes et non symétriquement disposées par rapport à l'observateur.

La Notice sur la scintillation, commencée en 1840, a seulement été achevée en 1851. Quelques passages en avaient été communiqués à M. de Humboldt en 1847. De même que la première esquisse de l'explication de M. Arago avait donné lieu à une note du livre IV du *Voyage aux régions équinoxiales du nouveau continent*, de même le résumé complet de la théorie a été le sujet d'une note publiée dans le tome III du *Cosmos*. Dans les tomes VII et X des *Œuvres*, pages 97 et 523, j'ai inséré ces deux notes, qui témoignent des communications incessantes que se faisaient les deux illustres amis sur les questions les plus ardues de la science.

Le Bureau de l'Institut ayant prié M. Arago d'ajouter à l'intérêt et à l'éclat d'une des séances publiques des cinq académies, par la communication d'une Notice, l'illustre astronome a résumé ses idées sur la constitution physique du Soleil dans quelques pages où l'élévation du style est en harmonie avec la splendeur des aperçus. C'est ainsi que M. Laugier a lu en son nom, le 25 octobre 1851, le discours intitulé : « Notice sur les observations qui ont fait connaître la constitution physique du Soleil et celle de diverses étoiles. Examen des conjectures des anciens philosophes et des données positives des astronomes modernes sur la place que doit prendre le Soleil parmi le nombre prodigieux d'étoiles dont le firmament est parsemé. »

J'ai réimprimé ce discours sans changements, mais avec l'addition des notes des pages 119 et 127, que M. Arago

avait insérées dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1852.

Les éclipses de Soleil ont été de la part de M. Arago l'objet d'études tout à fait neuves, non pas à cause de la rigueur avec laquelle les théories astronomiques savent aujourd'hui prédire de pareils phénomènes, mais parce qu'il y a trouvé des moyens d'éclaircir plusieurs questions importantes sur la constitution physique du Soleil. A ce dernier point de vue, les écrits de M. Arago sur les éclipses offrent un intérêt durable.

En 1842, dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* (tome XIV, page 843), et dans les *Annales de chimie et de physique* (3e série, tome V, page 104), l'illustre savant appela l'attention des astronomes sur les questions de physique céleste dont la solution était liée selon lui aux observations qui peuvent être faites pendant les éclipses totales du Soleil. Il s'était souvenu des discussions savantes qui avaient surgi au sujet de l'auréole observée autour de la Lune, pendant l'éclipse totale de 1715, et de certaines lueurs serpentantes remarquées alors sur diverses parties du disque lunaire. Il avait été frappé de ces mots de Fontenelle : « Si l'on ne s'était mis en peine, dans cette éclipse, que de ce qu'il y avait de purement astronomique, on en aurait été quitte à bon marché; mais on s'est aussi attaché au physique, et il a produit, à son ordinaire, beaucoup de difficultés et d'incertitudes. » Seulement, M. Arago voulait que, les astronomes étant sur leurs gardes, les diffi-

cultés donnassent lieu à des découvertes, et il professait que l'imprévu serait la part du lion, c'est-à-dire du physicien qui saurait observer et combiner les résultats des observations. Il commença donc par écrire un programme des phénomènes auxquels il serait important de s'attacher pour découvrir de nouvelles vérités. Ce programme des expériences à suivre eut un grand retentissement et excita le zèle des observateurs dans tout le monde civilisé; encore aujourd'hui, il est comme le *vade-mecum* des astronomes pour l'observation des nouvelles éclipses solaires totales.

Les résultats qui ont pu être déduits des observations de l'éclipse du 8 juillet 1842 ont donné lieu à une très-belle Notice publiée dans l'*Annuaire* de 1846. M. Arago s'était transporté à Perpignan, avec MM. Laugier et Mauvais, et il a pris une part active aux observations. Il a tiré des conséquences très-importantes, pour la constitution du Soleil, de l'observation inattendue de proéminences rougeâtres en divers points du contour de la Lune; ces conséquences ont été résumées dans son beau discours, lu dans la séance des cinq Académies de l'Institut du 25 octobre 1851, dont j'ai parlé plus haut. Quelques notes sur le même sujet ont paru plus tard dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, à l'occasion des faits observés lors des éclipses de 1850 et de 1851.

M. Arago a placé dans le livre XXII de l'*Astronomie populaire* les principes généraux de la théorie des éclipses et le résumé des faits acquis à la science; dans la Notice du tome VII des *Œuvres* se trouvent la discus-

sion détaillée des observations, les indications des points douteux, le programme des recherches recommandées aux astronomes. Cette Notice présente l'ensemble des deux articles des *Annuaires* de 1842 et de 1846, augmentés de chapitres nouveaux ur les éclipses des 8 août 1850 et 28 juillet 1851. M. Arago a en outre dicté quelques pages sur l'étude de la polarisation de la lumière de la couronne lunaire. Les figures qui représentent les éclipses totales dans l'*Astronomie populaire* sont aussi nouvelles et ont été faites d'après les dessins recueillis par l'illustre astronome.

Le monde savant ne connaissait la Notice sur la polarisation de la lumière, écrite en 1824, que par la traduction anglaise que le docteur Thomas Young en a publiée dans le tome XVIII de l'*Encyclopédie britannique*. J'ai fait imprimer l'édition que j'en donne d'après le manuscrit français de M. Arago. Ainsi qu'il résulte de plusieurs lettres de Thomas Young que j'ai entre les mains, M. Arago a commencé son travail à la fin de 1823 et l'a terminé en avril 1824. M. Napier, directeur de la publication anglaise, pressait M. Arago d'en finir, et l'illustre physicien, ne pouvant obtenir les délais qu'il demandait dans la lettre que j'ai publiée en tête de la Notice, envoya, de guerre lasse, les treize premiers chapitres, qui ont été immédiatement traduits par Thomas Young, et qui seuls ont paru dans l'*Encyclopédie britannique*.

Le chapitre XIV n'était pas achevé, mais les § 1, 2,

4, 7 et 8 en étaient écrits; les neuf autres ont été rédigés postérieurement.

Le § 3, sur l'horloge polaire, est de 1850; le § 5, sur la couleur propre des corps et la cyanométrie, et le § 6, sur la lumière des corps incandescents, ont été dictés en 1851 à M. Goujon; ils rappellent les dates de découvertes auxquelles M. Arago attachait de l'importance, parce qu'elles avaient été obtenues par l'application des propriétés de la polarisation à l'observation de la lumière émise par certains corps. De même, le § 10 constate que par l'emploi de son polariscope, M. Arago le premier a reconnu, en 1825, que la lumière des halos est polarisée par réfraction.

Dans le § 11, l'illustre physicien rappelle que les lois de la polarisation lui ont permis d'imaginer en 1835 un instrument propre à faire voir les écueils au fond de la mer, instrument qui rendrait bien des services à la navigation si les marins prenaient l'habitude des observations d'optique. Aux observations ordinaires sur la température, l'état hygrométrique et la composition de l'air, sur la répartition de l'électricité et du magnétisme, qui avaient été faites dans les ascensions aérostatiques, M. Arago proposa, en 1841, de joindre les observations sur la distribution de la lumière dans l'atmosphère, soit à l'état neutre, soit à l'état de polarisation. Son polariscope, transformé en polarimètre, était l'instrument qui devait servir à résoudre la plupart des questions posées par l'illustre physicien, sur la distance et l'épaisseur des nuages, l'éloignement des montagnes, etc.

Dans le § 12, qui rappelle l'application faite en 1811

du polariscope à l'étude de la lumière de l'atmosphère, et, en 1838, à celle de la lumière des nuages, M. Arago a ajouté les instructions relatives à des observations à faire au moyen des ballons, et cité un premier résultat que M. Bixio et moi nous avons obtenu en 1850, dans nos ascensions entreprises avec le concours de M. Regnault et de l'illustre directeur de l'Observatoire. Ce § 12, déjà publié en partie en 1841, dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, a été revu en 1852 par M. Arago.

Le § 13, indiquant le parti qu'on peut tirer du polarimètre pour l'étude des réfractions atmosphériques et pour des déterminations thermométriques et barométriques, avait été imprimé en 1840, dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*.

Enfin le § 14, relatif à l'action que les rayons de lumière polarisés exercent les uns sur les autres, a été dicté en 1852; il présente le résumé de recherches entreprises en commun par Fresnel et M. Arago, pour arriver à reconnaître dans quelles circonstances les rayons de lumière polarisée interfèrent; le Mémoire qui contient le détail des expériences est inséré dans le tome X des *Œuvres* (p. 132 à 149). M. Arago a pris soin de faire remarquer que les expériences dont il s'agit tendent à démontrer que les ondulations de la lumière s'effectuent perpendiculairement à la ligne que suit leur propagation.

J'ai ajouté en appendice quatre notes encore manuscrites ou déjà publiées, que M. Arago avait réunies pour les incorporer dans sa Notice, s'il avait eu le temps de réaliser le projet qu'il avait conçu de revoir à fond son travail

de 1824. Ce sont : 1° quelques résultats relatifs à la polarisation de la lumière des oxydes métalliques, de la porcelaine, de l'atmosphère, des surfaces rayées, et à la dépolarisation ; ces notes, restées inédites, avaient été communiquées à l'Académie des sciences, le 22 novembre 1813 ; 2° des remarques sur l'influence mutuelle de deux faisceaux lumineux qui se croisent sous un très-petit angle, remarques publiées en 1816 dans les *Annales de chimie et de physique;* 3° l'énoncé de quelques faits communiqués à l'Académie des sciences en 1834, relativement à la polarisation de la lumière atmosphérique et à celle de la lumière de la Lune ; cette note avait paru dans le tome II du journal *l'Institut;* 4° une note sur la cyanométrie et sur le colorigrade de M. Biot, comparé à l'instrument du même genre que M. Arago avait lui-même antérieurement imaginé ; cette note avait été insérée en 1817 dans les *Annales de chimie et de physique.*

La Notice sur l'impulsion des rayons solaires a été écrite en 1817 à l'occasion d'un Mémoire de Flaugergues, intitulé : « Examen critique de différentes hypothèses imaginées pour expliquer l'apparence connue sous le nom de queue ou chevelure des comètes. » Dans les lignes suivantes, qui n'ont pas pris place dans les *Œuvres,* M. Arago apprécie ainsi ce Mémoire : « Il renferme une discussion, et, à mon avis, très-souvent inutile, des hypothèses plus ou moins bizarres qu'on a imaginées pour expliquer la queue ou la chevelure des comètes. Le tout accompagné de citations nombreuses et détaillées qui prouvent du moins que l'auteur a une vaste

érudition. J'ai dû présenter quelques remarques au sujet d'une expérience qui ne me paraît pas avoir été faite dans des circonstances favorables, et par laquelle Flaugergues a voulu prouver que l'impulsion des rayons solaires est tout à fait insensible. » Cette courte Notice avait paru dans le tome VI des *Annales de chimie et de physique*.

Lorsque, dans la séance du 7 janvier 1839, M. Arago vint pour la première fois montrer quelques-unes des planches qui étaient la reproduction exacte, sans aucun intermédiaire, des magnifiques mais fugaces tableaux que tous les physiciens avaient admirés sur l'écran de la chambre obscure de Porta, et annoncer qu'il espérait pouvoir bientôt faire connaître l'ensemble des travaux et des procédés à l'aide desquels Niepce et Daguerre étaient arrivés à de si merveilleux résultats, il y eut dans le monde entier une explosion d'étonnement et d'enthousiasme.

Dans cette occasion, l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie déploya cette ardeur désintéressée qu'on ne trouve que chez les hommes animés du plus pur dévouement à l'avancement des sciences; il voulut que le public pût jouir gratuitement et rapidement de la nouvelle découverte, l'une des plus brillantes que notre siècle si fécond ait produites. Il obtint du gouvernement qu'un projet de loi serait présenté aux Chambres pour accorder, à titre de récompense nationale, à M. Daguerre une pension de 6,000 francs, et au fils de M. Niepce, qui n'eut pas le bonheur de jouir de la gloire immortelle

acquise à son nom, une pension de 4,000 francs. Sur le rapport de M. Arago, le projet de loi fut adopté. Le jour où peut-être il ressentit la joie la plus vive fut celui où, en présence d'un public qui s'étouffait dans la salle des séances de l'Académie, il put enfin dévoiler le secret qu'il possédait depuis plusieurs mois, et expliquer avec une éloquence entraînante l'histoire de l'invention, les délicats détails du procédé, et l'immense avenir réservé à cette conquête inattendue de la science rendant la umière esclave de l'esprit humain.

Le gouvernement avait du reste voulu, par une attention qui lui fait autant honneur qu'à M. Arago et à l'Académie des sciences, réserver au savant secrétaire perpétuel la satisfaction de faire connaître la découverte nouvelle. Voici la lettre que lui écrivit à cette occasion le ministre de l'intérieur :

« Monsieur et cher collègue, la loi qui accorde une récompense nationale à M. Daguerre ayant reçu la sanction du roi, il me reste à publier sa découverte. J'ai pensé que le moyen le meilleur et le plus convenable était de la communiquer à l'Académie des sciences. Je vous prie de me faire savoir si elle pourra recevoir cette communication dans la séance de lundi prochain, à laquelle pourront être invités MM. les membres de l'Académie des beaux-arts. »

Cependant M. Arago supplia M. Daguerre de venir faire lui-même l'exposition de ses procédés; mais le célèbre inventeur ne put vaincre ni son émotion ni sa

modestie. La parole dut rester à l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie.

Les termes exacts de la brillante communication de M. Arago ne furent pas complétement recueillis, et les *Comptes rendus de l'Académie*, ainsi que les *Annales de chimie et de physique*, se bornèrent à reproduire les principaux passages du Rapport écrit que M. Arago avait présenté à la Chambre des députés, en expliquant seulement dans des notes ce qui, devant la Chambre, devait rester secret. Ce texte a ensuite été mis en brochure. Pour composer la Notice sur le daguerréotype, je l'ai repris en le complétant par des notes manuscrites ou dictées par M. Arago, qui a approuvé ma coordination et y a ajouté quelques détails. J'avais d'ailleurs entre les mains la correspondance échangée entre Daguerre et MM. Niepce père et fils, ainsi que les trois traités intervenus, le 14 décembre 1829, entre Joseph-Nicéphore Niepce et M. Daguerre, et, les 9 mai 1835 et 13 juin 1837, entre MM. Daguerre et Jacques-Marie-Joseph-Isidore Niepce, fils de Nicéphore Niepce, décédé le 5 juin 1833.

Le chapitre I de la Notice sur le daguerréotype est le résumé d'une première communication faite à l'Académie des sciences, le 7 janvier 1839, par M. Arago, et contient le récit des pourparlers qui ont été terminés par le vote de la loi accordant une récompense nationale à M. Daguerre et à M. Niepce fils.

Les chapitres II à VII sont la reproduction de la Notice déjà publiée, avec cette seule différence que les notes descriptives des procédés, mises au bas des pages, ont

repris dans le texte les places qui leur appartenaient dans l'ordre logique de la narration.

Le chapitre VIII est consacré à l'examen de quelques réclamations de priorité qu'excita la publication de l'admirable découverte de MM. Niepce et Daguerre, et il prouve clairement la grande antériorité de nos compatriotes sur les physiciens anglais. Parmi ces derniers, M. Talbot a des droits incontestables à une part de la reconnaissance publique, pour ses expériences relatives à la photographie sur papier; mais il ne peut réclamer la priorité de l'invention. La description de son procédé est donnée dans le chapitre IX. Ces deux derniers chapitres sont extraits en partie du tome VIII des *Comptes rendus de l'Académie des sciences;* ils ont été revus et corrigés en 1852.

Les chapitres X, XI, XII et XIII sont la reproduction du texte de 1839. A propos du chapitre XIII, consacré à la question de savoir si l'on pourra arriver à obtenir des photographies en couleur, j'ajouterai que j'ai retrouvé une note où il se trouve mentionné que les poudres employées par M. Daguerre, dans ses expériences de phosphorescence, et qui avaient la propriété d'émettre la lueur rouge, bleue ou verte, après avoir été frappées par de la lumière ayant ces couleurs, étaient du sulfate de baryte convenablement préparé. Ces essais de M. Daguerre sur les couleurs photogéniques remontent à 1824.

Enfin, pour terminer les renseignements que j'ai à donner en ce qui concerne la Notice sur le daguerréotype, je dirai encore que le chapitre XIV, relatif à la gravure photographique, est le résumé d'une communication faite par

M. Arago, le 30 septembre 1839, à l'Académie des sciences, et j'ajouterai que l'illustre physicien m'a dicté en 1852 la conclusion de son travail; il avait alors le bonheur de pouvoir constater qu'il ne s'était pas trompé en prédisant à la photographie le plus brillant avenir.

La première partie de la Notice sur la phosphorescence a été écrite en 1820, à propos des recherches de M. Brewster sur ce sujet; elle a été insérée dans le tome XIV des *Annales de chimie et de physique*. La seconde partie est le résumé de quelques observations que M. Arago a présentées à l'Académie des sciences en 1839 et 1842, à propos des recherches de M. Edmond Becquerel sur la constitution du spectre solaire. M. Arago a tenu à faire remarquer que l'étude de la phosphorescence était intimement liée à celle de la recherche des rayons lumineux qui forment la couleur propre des corps, et de la proportion dans laquelle leurs parties intérieures concourent à la production du phénomène.

La distinction que l'on doit établir entre la lumière elle-même et l'action tant calorifique que chimique qu'elle exerce a occupé M. Arago en 1812. A la suite d'expériences qu'il fit avec M. de La Rive, de Genève, sur la lumière de la pile, il publia sur ce sujet quelques notes en 1822, dans le tome XIX des *Annales de chimie et de physique*, à propos des expériences de Brandes sur les facultés lumineuses et calorifiques des différents gaz. Il revint sur la même question en 1835 et 1836 (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, tome I, page 508, et

tome III, page 473), à la suite de la publication des belles recherches de M. Melloni sur les corps qui n'ont pas la même diaphanéité pour les parties éclairante, calorifique ou chimique d'un rayon de lumière. Enfin, en 1842, à l'occasion d'une lettre de M. Edmond Becquerel relative à la constitution du spectre solaire, il publia, dans les *Annales de chimie et de physique* (3e série, tome VII, page 207), une note intitulée : *Considérations relatives à l'action chimique de la lumière.*

Les différentes notes successivement publiées par M. Arago ont été réunies pour constituer la Notice que j'ai intitulée : *Sur l'action calorifique et l'action chimique de la lumière*, Notice où se trouve montrée la nécessité de soumettre à des mesures très-précises les effets photogéniques de la lumière solaire pour résoudre des questions fondamentales sur la théorie de la lumière.

La Notice sur la vitesse de la lumière n'est autre chose que la reproduction exacte d'un Mémoire lu à l'Institut, à la fin de 1810, qui était resté inédit, et que M. Arago a publié en 1853, dans le tome XXXVI des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, en l'accompagnant d'une courte note destinée à constater que des citations faites dans une des éditions de l'*Exposition du système du Monde* de Laplace, et dans la seconde édition du *Traité élémentaire d'Astronomie physique* de M. Biot, avaient fait connaître le résultat auquel il était arrivé. Par conséquent, la publication tardive du Mémoire original qui avait été égaré ne pouvait avoir pour but de réclamer une priorité déjà acquise; mais elle devait donner des indi-

cations positives sur la méthode expérimentale employée, et servir de point de départ à d'autres recherches sur la constitution de l'éther.

Déjà, en 1806, dans une première communication faite à l'Académie, M. Arago avait démontré que la lumière se meut avec la même vitesse, quels que soient les corps dont elle émane, ou que du moins, s'il existe quelques différences, elles ne peuvent en aucune manière altérer l'exactitude des observations astronomiques.

L'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences attachait une grande importance aux résultats consignés dans son Mémoire de 1810, résultats qu'on doit distinguer de ceux du Mémoire de 1806 rappelés succinctement dans l'introduction, et dont je n'ai pu retrouver le texte. Pour remplir ses intentions, je dois transcrire ici les termes dont se sont servis Laplace et M. Biot pour rendre compte de ses travaux sur ce sujet.

Laplace s'est exprimé de la manière suivante dans la quatrième édition de l'*Exposition du système du Monde* (page 326), édition publiée en 1813 et qui contient un chapitre sur l'attraction moléculaire non reproduit dans l'édition suivante :

« L'aberration des étoiles dépend de la vitesse de leur lumière combinée avec celle de la terre dans son orbite; elle ne serait donc pas la même pour tous les astres, si leurs rayons parvenaient à nous avec des vitesses différentes. Il serait difficile, vu la petitesse de l'aberration, de connaître exactement, par ce moyen, ces différences; mais la grande influence de la vitesse de la lumière sur sa réfraction, en passant dans un milieu diaphane, fournit une méthode

très-précise pour déterminer les vitesses respectives des rayons lumineux. Il suffit pour cela de fixer un prisme de verre au devant de l'objectif d'une lunette et de mesurer la déviation qui en résulte dans la position apparente des astres. On a reconnu de cette manière que les vitesses de la lumière directe et réfléchie de tous les objets célestes et terrestres étaient exactement les mêmes. Les expériences qu'Arago a bien voulu faire *à ma prière* ne laissent aucun doute sur ce point de physique important à l'astronomie en ce qu'il prouve la justesse des formules de l'aberration des astres.

« La vitesse de la lumière des étoiles n'est pas, relativement à un observateur, la même dans tous les points de l'orbite terrestre. Elle est la plus grande lorsque son mouvement est contraire à celui de la Terre; elle est la plus petite quand les deux mouvements conspirent. Quoique la différence qui en résulte dans la vitesse relative d'un rayon lumineux ne s'élève qu'à un cinq-millième environ de la vitesse totale, cependant elle peut produire des changements sensibles dans la déviation de la lumière qui traverse un prisme. Des expériences très-précises, faites par Arago, ne les ayant point fait apercevoir, on doit en conclure que la vitesse relative d'un rayon lumineux homogène est constamment la même, et probablement déterminée par la nature du fluide qu'il met en mouvement dans nos organes pour produire la sensation de lumière. Cette conséquence paraît encore indiquée par l'égalité de vitesse de la lumière émanée des astres et des objets terrestres, égalité qui, sans cela, serait inexplicable. Est-il invraisemblable de supposer que les corps lumineux lancent une infinité de rayons doués de vitesses différentes, et que les seuls rayons dont la vitesse est comprise dans certaines limites ont la propriété d'exciter la sensation de lumière, tandis que les autres ne produisent qu'une chaleur obscure ? »

Le premier paragraphe de ce passage se trouvait déjà dans la troisième édition de l'*Exposition du système du Monde*, publiée en 1808 ; il se rapporte donc au Mémoire de M. Arago de 1806. Quant au second paragraphe écrit en 1813, il concerne le Mémoire de 1810. Deux résultats bien distincts ont donc été obtenus par mon illustre maître. Entre ses deux travaux sur la vitesse de la lu-

mière, il avait exécuté la mesure de la méridienne dans les îles Baléares et en Espagne, et il avait été prisonnier en Afrique.

Quant à M. Biot, il a consacré aux expériences de M. Arago le passage suivant du tome III (page 139) de la seconde édition de son *Traité élémentaire d'Astronomie physique* publiée en 1811 :

« Les accroissements de vitesses imprimés aux molécules lumineuses par les instruments optiques, parallèlement à leur direction apparente, ne font qu'accélérer un peu l'instant où elles nous parviennent. Mais comme la vitesse de la lumière est extrêmement considérable, le temps absolu qu'elle met à traverser les instruments est tout à fait insensible pour nos organes, et aussi l'accélération qui en résulte dans leur arrivée, depuis la surface extérieure de l'objectif jusqu'à notre œil, est également insensible pour nous. Quand on formerait des objectifs avec les matières les plus réfringentes que l'on connaisse, quand on remplirait le tube de la lunette avec de l'eau, comme l'avait proposé Boscovich; quand même on pourrait faire ce tube de diamant, qui est, de toutes les substances connues, celle qui accélère le plus la vitesse de la lumière, l'accélération qui en résulterait sur une si petite longueur ne ferait pas voir la molécule lumineuse un cent-millième de seconde plus tôt, et par conséquent elle ne changerait pas d'un cent-millième de seconde l'instant où l'astre devrait se trouver réellement sur sa direction apparente.

« Mais si l'on observait la molécule lumineuse venue de l'astre à travers des milieux dont l'action réfringente ne fût pas parallèle à sa direction apparente, par exemple, à travers des prismes qui dévieraient le rayon lumineux, on devrait s'apercevoir de cette petite différence de vitesse qui distingue la direction apparente de celle que suit réellement la lumière en vertu de son seul mouvement d'émission; car la déviation produite par l'action de ces corps différerait de celle qu'ils feraient éprouver à un rayon de lumière émis naturellement par un corps terrestre suivant cette même direction. En observant avec exactitude cette différence de déviation, on peut en conclure par le calcul la différence des vitesses et leurs rapports..... En répétant l'expérience sur des étoiles différentes, on saura si la vitesse propre de la lumière est la même

pour toutes, ou si elle est différente. On pourra même espérer de rendre sensibles les petites différences de vitesse que le mouvement de la Terre éprouve dans les diverses époques de l'année, en vertu de l'ellipticité de son orbite. Cette méthode, qui détermine l'aberration par des observations faites avec le prisme, paraît d'autant plus exacte, qu'en accroissant l'angle réfringent du prisme, on augmente la déviation qu'il produit de manière à la rendre beaucoup plus considérable que la valeur de l'angle d'aberration qui s'observe directement. C'est ce moyen que M. Arago a employé *sur l'invitation* de M. Laplace; mais, ce qu'on était loin de prévoir, il a trouvé que toutes les lumières, soit terrestres, soit célestes, directes et réfléchies, éprouvent absolument la même déviation, quelle que soit la direction dans laquelle elles sont lancées. On pourrait croire que cette anomalie tient à la difficulté d'observer exactement le centre de l'image réfractée, parce que dans ces expériences l'action des prismes décompose toujours la lumière et dilate l'image du point lumineux sous la forme d'un spectre oblong et coloré. Mais cette cause d'erreur n'existe point dans les expériences de M. Arago, parce qu'il s'est servi d'un prisme achromatique composé de flint-glass et de crown-glass, dans des proportions telles qu'il recomposait presque exactement la lumière; de sorte que l'image de l'étoile, vue à travers ce prisme, était presque aussi concentrée que si on l'eût observée à travers des milieux à faces paralleles.

« Le prisme employé par M. Arago dans ses expériences était placé devant l'objectif d'un cercle répétiteur, de manière à n'en couvrir qu'une partie; de sorte que l'on pouvait observer successivement le rayon lumineux direct à travers la lunette seule, et le même rayon dévié par le prisme. En tenant compte du temps où les deux opérations étaient faites, on ramenait l'astre, par le calcul, à une même hauteur sur l'horizon. La différence des angles observés directement et à travers le prisme donnait la déviation éprouvée par le rayon lumineux. En observant ainsi les étoiles de l'écliptique qui passaient au méridien à six heures du soir, la Terre, qui tourne sur elle-même, comme autour du Soleil, d'occident en orient, marchait sur son orbite, dans le même sens que leur lumière; et, par conséquent, celle-ci n'avait, en arrivant sur le prisme, que la différence des deux vitesses. Le contraire avait lieu pour les étoiles qui passaient au méridien à six heures du matin, et la Terre allait en sens contraire de leur lumière. Mais cette opposition, qui aurait dû donner une différence de 50 secondes sexagésimales dans les déviations observées, n'y a produit aucun changement appréciable. »

Les expressions (*à ma prière*) que j'ai soulignées dans le texte de Laplace ne se rapportent évidemment qu'aux expériences de M. Arago sur les vitesses respectives de la lumière directe et réfléchie des objets célestes et terrestres. Quant aux termes employés par M. Biot (*sur l'invitation de Laplace*), ils sont peut-être placés de manière à produire une erreur qui a été commise et contre laquelle M. Arago a protesté en ces termes : « On a imprimé que nos observations, à travers un prisme achromatique, d'étoiles situées dans la direction du mouvement de translation de la Terre, et dans la direction opposée, avaient été faites à la suggestion de Laplace ; l'illustre géomètre a bien voulu seulement donner son approbation à mes recherches après avoir entendu la lecture de mon Mémoire. » Les citations que je viens de faire ne peuvent laisser aucun doute sur ce point d'histoire scientifique.

En 1838, dans un des comités secrets de l'Académie, M. Arago, ayant été conduit à exposer l'admirable méthode à l'aide de laquelle M. Wheatstone a abordé le problème de la vitesse de l'électricité dans les conducteurs métalliques, émit l'assertion que cette méthode, convenablement modifiée, pourrait servir à mesurer les vitesses comparatives de la lumière se mouvant à travers l'air ou à travers un liquide, et, par suite, à soumettre à des épreuves décisives la théorie de l'émission et celle des ondes. Dans une note insérée en 1839 dans les *Annales de chimie et de physique* (tome LXXI, page 49),

il justifia l'idée qu'il n'avait fait qu'énoncer devant l'Académie.

Il revint sur la même question en 1850, dans une communication faite à l'Académie des sciences, et il préparait en 1852 une Notice complète qui devait paraître dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*. A cet effet, il avait réuni toutes les notes qu'il avait déjà publiées sur ce sujet; il se les était fait relire et y avait fait quelques légères corrections de forme. C'est l'ensemble de ces notes que j'ai placé à la fin du tome VII des *Œuvres*, pour terminer l'exposition des travaux de M. Arago sur l'optique qui étaient de nature à entrer dans les Notices scientifiques.

Le cinquième volume des *Notices scientifiques* (tome VIII des *Œuvres*) est presque entièrement consacré au rôle que joue la température dans la météorologie.

M. Arago s'est occupé de recherches sur cette branche de la physique terrestre pendant près d'un demi-siècle; on lui doit quelques-uns des résultats généraux acquis à la science, et il a combattu avec succès des systèmes qui régnaient par droit de tradition, sans qu'on s'occupât d'examiner jusqu'à quel point ils étaient fondés.

Le volume débute magistralement par une Notice sur cette double question : « Est-il possible, dans l'état actuel de nos connaissances, de prédire le temps qu'il fera à une époque et dans un lieu donné? Peut-on espérer,

en tous cas, que ce problème sera résolu un jour? » L'illustre astronome s'est prononcé d'une manière radicale pour la négative, parce que des événements qui resteront toujours en dehors des prévisions humaines sont de nature à modifier accidentellement les climats, en particulier sous le rapport de la température. Il a publié, dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1846, sa savante dissertation où se trouvent accumulés des faits en grand nombre, démontrant tous que rien n'est plus variable, n'est moins défini que le phénomène que l'on est convenu d'appeler le temps. J'ai réédité cette Notice sans autre changement que l'addition de titres de chapitres.

En examinant attentivement les recherches des physiciens et des astronomes concernant l'action de la Lune et des comètes sur les changements de temps, M. Arago a prouvé d'une manière péremptoire que les influences lunaires et cométaires sont presque insensibles; il a ainsi mis hors de doute que la prédiction du temps ne sera jamais une branche de l'astronomie proprement dite.

Les études de l'illustre directeur de l'Observatoire de Paris sur la nullité absolue de l'action exercée par les comètes sur les météores terrestres ont été exposées pour la première fois dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* de 1832. M. Arago a repris et complété son premier travail dans le chapitre XXV du livre XXXIII de l'*Astronomie populaire*, de telle sorte que je n'ai pas eu à y revenir ailleurs.

En ce qui concerne les influences lunaires, mon sa-

vant maître a traité ce sujet dans l'*Annuaire* de 1833 avec de si grands développements, qu'il n'a pu introduire dans les chapitres XXXII à XXXIX du livre XXI de l'*Astronomie populaire* qu'une partie de son travail primitif, d'ailleurs profondément modifié et enrichi de remarques importantes. La Notice intitulée : *De l'influence de la Lune sur les phénomènes terrestres* se compose des chapitres de la Notice de 1833, laissés de côté dans ce remaniement. Le chapitre III, dans lequel est mise en évidence la liaison qui existe entre les nombres de jours de pluie et les phases de la Lune, a seul été augmenté en 1852 de quelques développements inspirés à M. Arago par la lecture que je lui fis du second volume du *Cours d'agriculture* de M. de Gasparin, si rempli de documents intéressants sur la météorologie.

M. Arago a commencé à s'occuper du rayonnement de la chaleur à travers l'atmosphère terrestre en 1817, à l'occasion de la publication en Angleterre du Traité du docteur Wells, intitulé : *Essai sur la rosée et sur divers phénomènes qui ont des rapports avec elle*, Traité auquel la Société royale de Londres venait de décerner le prix biennal fondé par le comte de Rumford; il donna, dans le tome V des *Annales de chimie et de physique*, une analyse critique de cet ouvrage, et la fit suivre d'une Notice historique sur les observations dues aux anciens et sur les causes auxquelles le phénomène avait été attribué. En 1824 et en 1825 (*Annales de chimie et de physique*, tomes XXVI et XXIX), il revint sur la question à propos des *Essais de météorologie* de Frédéric Daniell, et il sou-

tint une polémique contre ce physicien, qui lui répondit dans le *Journal de l'Institution royale de Londres*.

Le rayonnement nocturne a été trop souvent cause pour l'agriculture de désastres considérables, surtout au printemps, pour que M. Arago ne s'imposât pas le devoir de faire connaître la vérité sur ce phénomène à un public plus nombreux que celui des *Annales de chimie et de physique;* et il composa, pour l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* de 1827, une Notice détaillée qui explique de la manière la plus complète toutes les circonstances qui favorisent les gelées printanières, si funestes à la végétation, et indique les moyens à employer pour en atténuer les effets. Une nouvelle édition de cette Notice, corrigée et augmentée, parut dans l'*Annuaire* de 1828. Enfin, M. Arago revint encore sur le même sujet dans sa Notice de l'*Annuaire* de 1833, en traitant la question de savoir si la Lune exerce une influence sur notre atmosphère.

J'ai réuni en 1852 toutes ces publications, et je les ai relues à M. Arago, qui en a approuvé l'arrangement. Pour avoir l'ensemble entier des écrits de mon illustre maître sur cette matière, il faut en rapprocher le chapitre XXXII du livre XXI de l'*Astronomie populaire;* dans ce chapitre, consacré à la Lune rousse, et où les justes observations des jardiniers sont mises d'accord avec les principes de la science, il est démontré que bien souvent les préjugés vulgaires reposent sur des choses vraies, et qu'il n'y a d'erreur que dans les explications imaginées pour rendre compte des phénomènes.

La Notice sur la formation de la glace, soit dans les rivières et les fleuves, soit dans les glacières naturelles, soit encore dans l'atmosphère à l'état de neige, soit enfin par le simple rayonnement nocturne à la surface des objets sur lesquels la rosée s'est préalablement déposée, est aussi le résultat d'études faites par M. Arago à diverses époques.

En 1822, il publia, dans le tome XXI des *Annales de chimie et de physique*, une note sur la forme cristalline de la glace; il inséra aussi dans le même recueil la description de plusieurs glacières naturelles, avec des réflexions sur la cause qui forme la glace dans ces cavités.

Il s'est occupé de la rupture des glaciers dans une note insérée, en 1808, dans le tome IX des *Annales*, à l'occasion d'une catastrophe qui cette année avait dévasté le fond du val de Bagne, dans le Bas-Valais.

La question de la formation de la glace au Bengale a été traitée dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* de 1828, ainsi que celle de la congélation des rivières.

La Note sur les circonstances qui accompagnent quelquefois la formation de la glace dans les eaux tranquilles a été rédigée en 1822, d'après un récit publié dans l'*American Journal.*

La Note sur les glaçons que les rivières charrient en hiver a été inspirée par l'hiver rigoureux de 1829 à 1830; elle a été publiée dans l'*Annuaire* de 1833; le savant auteur avait eu pour but principal d'examiner si les glaces flottantes naissent au fond ou à la surface des rivières; il a démontré que le fait de la formation des

glaces de fond ne pouvait être mis en doute, mais que la théorie du phénomène présentait encore des lacunes qui exigent de nouvelles observations.

Il a suffi de placer les notes précédentes dans un ordre logique, sans y rien modifier, pour en composer la Notice sur la formation de la glace, qui vient corroborer les faits exposés dans la précédente, relativement au refroidissement des corps que présente la surface de notre planète.

En commençant, en 1816, les résumés météorologiques annuels qui jusqu'en 1830 ont paru dans les *Annales de chimie et de physique*, et qui contribuent à donner un prix tout particulier à cette partie d'un recueil dont la célébrité a été fondée par l'active et incessante collaboration de MM. Arago et Gay-Lussac, l'illustre directeur de l'Observatoire de Paris donna une vive impulsion aux études relatives à la répartition de la température sur les différentes parties du globe.

Dans le tome V des *Annales* (1817), et dans les *Annuaires du Bureau des Longitudes* pour 1820, 1821 et 1822, il présenta des résumés du beau Mémoire de son ami Alexandre de Humboldt sur les lignes isothermes, et vulgarisa ainsi les premiers résultats obtenus alors sur la distribution de la chaleur à la surface du globe.

En 1818 (tome IX des *Annales*), il démontra que, même en faisant la part des exagérations si naturelles à la plupart des anciens auteurs, les hivers, par le passé, étaient aussi rudes que dans le siècle où nous vivons, et que par conséquent l'opinion relative à une préten-

due détérioration des climats de l'Europe était erronée.

Bientôt après il publia dans les *Annales* (1824), et reproduisit dans l'*Annuaire* de 1825, une Notice détaillée sur les variations extrêmes de la température observées depuis les temps les plus anciens jusqu'à nos jours.

Il dut revenir encore sur ce sujet dans un travail nouveau, où tous les faits cités par les historiens seraient examinés avec la plus sévère impartialité; la note suivante mise au bas de la première page de la Notice de l'*Annuaire* de 1834 sur l'état thermométrique du globe terrestre, montre que le public sollicitait des éclaircissements sur la question de savoir si la température avait varié à la surface de la Terre depuis les temps historiques. Il s'exprimait ainsi dans cette note : « Si les personnes qui se sont adressées au Bureau des Longitudes au sujet de mes Notices scientifiques prennent la peine de comparer les dates de leurs lettres avec celle de la publication de l'*Annuaire*, elles reconnaîtront que j'ai fait tout mon possible pour les satisfaire. La brièveté du temps m'a seul empêché de traiter la *totalité* des questions qu'on a bien voulu nous signaler comme propres à intéresser le public. Le Bureau des Longitudes accueillera toujours avec empressement les demandes de cette nature qui lui seront transmises; mais il ne pourrait point s'engager à en faire immédiatement le sujet d'un des articles de l'*Annuaire*, si elles ne lui parvenaient pas trois ou quatre mois au moins avant la fin de l'année. » Depuis 1834 jusqu'au moment de sa mort, M. Arago n'a pas cessé ensuite d'exciter le zèle des observateurs, et il a consigné avec

empressement, dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, les principaux résultats qui lui étaient communiqués de toutes les parties du monde. Résolu à réunir dans un ouvrage complet tous les documents qu'il avait déjà publiés et ceux qu'il avait conservés en portefeuille, il dicta à M. Goujon, en 1851, l'introduction de sa grande Notice sur l'état thermométique du globe terrestre et il me chargea de compléter les tableaux dont il avait préparé les cadres; c'est ainsi qu'a été faite cette Notice qui se compose de 462 pages et qui comprend tous les travaux antérieurs de M. Arago sur le même sujet.

Les chapitres II à X ont déjà paru dans l'*Annuaire* de 1834; il n'y a été ajouté que quelques lignes (pages 205 et 206) relatives à la température des espaces célestes. Le chapitre XI relatif au climat de la Chine a été publié en 1841 dans le tome XII des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*. Les chapitres XII, XIII et XIV étaient restés inédits et les manuscrits en sont de la main de M. Arago. Les chapitres XV à XVIII ont paru dans la Notice de 1834, mais les deux suivants sont nouveaux. Les chapitres XXI et XXII sont extraits du tome VI des *Annales* (1817).

J'ai été chargé de compléter le tableau des hivers qui, d'après les historiens, ont amené la congélation des grands fleuves; déjà trois éditions en avaient paru en 1824, 1825 et 1834. J'ai pris soin d'indiquer les auteurs sur lesquels je me suis appuyé pour faire figurer un événement dans les listes que j'ai formées. Quand les citations des sources manquent, c'est que je n'ai pu que m'en référer aux tableaux primitifs dressés par mon illustre maître.

Un premier essai sur les plus grands froids observés annuellement avait été publié dans l'*Annuaire* de 1825, mais en deux ou trois pages seulement. Or, le chapitre XXIV compte 140 pages. M. Arago avait réuni une masse énorme de documents que j'ai dépouillés d'après les indications qu'il m'avait laissées. Ce travail n'avait eu encore d'analogue que l'ouvrage publié par M. Peignot, de Dijon, sous le titre d'*Essai chronologique* sur les hivers rigoureux; mais dans ce dernier ouvrage il manque la rigueur des chiffres et des détails positifs, tandis que la Notice de M. Arago présente les températures les plus basses qui aient été observées jusqu'à ce jour dans plus de 300 localités réparties dans presque toutes les régions des deux hémisphères. A l'exemple de M. Peignot, l'illustre directeur de l'Observatoire de Paris a d'ailleurs voulu que la table des hivers remarquables à cause des froids excessifs qu'ils ont présentés fût suivie de la liste chronologique des hivers qui se sont fait distinguer par la douceur exceptionnelle de la température.

Le pendant du tableau des hivers dont la mémoire mérite d'être conservée dans les annales de la météorologie est certainement le tableau des étés mémorables. M. Arago avait commencé à dresser, en 1825, une liste des températures les plus hautes observées en différents lieux; le chapitre XXV (105 pages) présente une liste beaucoup plus complète; il renferme en outre les températures les plus hautes annuellement constatées depuis l'invention des thermomètres dans les stations météorologiques les plus importantes de l'Europe; enfin il contient une table

des étés extraordinaires par leurs chaleurs, suivie de la nomenclature des étés où la température a été singulièrement froide. Nulle publication de ce genre n'avait encore été faite.

Le chapitre XXVI relatif aux maxima de température de l'atmosphère, observés en pleine mer, loin des continents, et le chapitre suivant sur les maxima de température qu'acquiert l'eau de la mer à sa surface sont extraits de la Notice de l'*Annuaire* de 1825.

Le chapitre XXVIII, sur les différences extrêmes de température constatées à la surface de la Terre, est nouveau; il a été dicté, quant au texte, par M. Arago en 1851; j'avais été chargé de réunir les chiffres curieux que présente le tableau dans lequel M. Arago a voulu faire ressortir les écarts de température que supportent naturellement les corps. Ce chapitre contient aussi les résultats de quelques expériences faites par l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences.

Le chapitre XXIX, sur les températures propres des différentes espèces d'animaux, a été inspiré à M. Arago par un travail de Sir John Davy; une première édition en a été publiée dans l'*Annuaire* de 1827; celle que j'ai donnée est complétée par des notes relatives à des expériences du capitaine Back et à des faits observés en Orient par le maréchal Marmont.

Les chapitres XXX à XXXIV sur la détermination et les valeurs des températures moyennes diurnes mensuelles ou annuelles, et sur les lignes isothermes, isochimènes et isothères, peuvent être considérés comme contenant une étude nouvelle, quoique plusieurs notes sur le même

sujet aient été antérieurement publiées dans la *Connaissance des Temps* (1817), dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* (1820, 1822 et 1825), dans les *Annales de chimie et de physique* (1824). La table des températures moyennes de l'année, de l'hiver et de l'été, est établie pour 466 stations. J'ai pris soin d'indiquer (pages 530 à 532) les sources auxquelles j'ai puisé pour remplir les cadres tracés par M. Arago. L'illustre physicien a tenu à ce qu'il fût constaté que c'est à lui qu'on doit d'avoir reconnu que la moyenne des températures de 8 à 9 heures du matin donne la température moyenne de l'année (*Annales* de 1818, tome IX, page 425).

Le chapitre XXXV sur le décroissement de la température à mesure que l'on s'élève dans l'atmosphère a été dicté en 1852. Le chapitre suivant, relatif à la température du pôle nord, avait paru en partie dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* de 1825; M. Arago se l'est fait relire en 1852, et y a dicté quelques additions, principalement celles qui concernent les pôles de froid.

La matière du chapitre XXXVII, consacré à l'étude du climat de la côte orientale de l'Amérique du Nord, se compose de communications faites à l'Académie des sciences en 1835 et 1838 par l'illustre secrétaire perpétuel et de notes manuscrites de la main de M. Arago, qui a en outre dicté, en 1852, quelques remarques suggérées par le dépouillement qu'a fait M. de Tessan des registres des observations thermométriques exécutées pendant le voyage de *la Vénus*.

La comparaison des températures moyennes annuelles et des températures estivales et hivernales des deux hé-

misphères a occupé M. Arago à plusieurs reprises. Il a traité ce sujet pour la première fois dans un article du tome XXVII des *Annales de chimie et de physique* (1824) ; il y est revenu en 1829, puis en 1835 ; enfin, son illustre ami de Humboldt lui avait remis, sur sa demande, des notes manuscrites démontrant d'une manière bien positive un phénomène dont l'explication est bientôt devenue possible et est donnée dans le livre de l'*Astronomie populaire* consacré aux climats et aux saisons.

L'étude de l'état météorologique singulier que présentent parfois les mois d'avril et de mai, et qui forme le sujet du chapitre XXXIX de la Notice sur l'état météorologique du globe terrestre, a été publiée en 1837 dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*. M. Arago n'y a fait, en 1852, que de légers changements de forme.

L'histoire des thermomètres est exposée dans le chapitre XL, qui était resté en très-grande partie inédit.

C'est à la suite de l'examen attentif qu'il fit en 1817 du thermomètre des souterrains de l'Observatoire de Paris, que l'illustre physicien reconnut la variation de la position du zéro réel de la graduation. La généralité du déplacement du point de congélation de l'eau avec le temps ne tarda pas à être constatée dans un grand nombre de thermomètres, ainsi qu'il résulte d'une note publiée en 1822 dans les *Annales de chimie et de physique*. La même question fut encore traitée dans les *Annales* de 1826 par M. Arago, qui s'étendit beaucoup sur les moyens de remédier à l'élévation lente du zéro réel sur la tige des thermomètres.

L'illustre physicien a encore le droit de revendiquer

l'indication faite en février 1830 de la nécessité de donner un rapide mouvement de rotation à un thermomètre pour en obtenir avec précision la température de l'air dégagée des effets du rayonnement des corps dont l'instrument est entouré.

En 1841 M. Arago proposa une heureuse modification à la construction du thermomètre à maxima le plus communément employé.

Enfin M. Arago s'est occupé en 1817 et en 1840 du degré d'exactitude qu'on pouvait attendre des thermomètres métalliques et des thermomètres enregistreurs dont il voulait bien connaître la valeur avant de les introduire à l'Observatoire de Paris.

J'ai réuni en 1852 l'ensemble de toutes les notes de mon savant maître sur les thermomètres, et je les lui ai relues; il y a fait quelques légères additions pour en composer le chapitre XL de la Notice sur l'état thermométrique de la Terre. Cette Notice se termine par un chapitre en très-grande partie dicté en 1850 et relatif à la température des caves de l'Observatoire de Paris.

Après la Notice sur l'état thermométrique du globe terrestre, et pour terminer le dernier volume des *Notices scientifiques*, j'ai placé un rapport dicté à M. Goujon par M. Arago, trois mois avant sa mort, sur un Mémoire de M. Liais relatif au climat de Cherbourg. Ce sont les dernières lignes de mon illustre maître sur des questions qui l'ont occupé pendant près d'un demi-siècle, et qu'il agitait déjà au Desierto de Las Palmas, au Clop de Galazo et dans l'île de Formentera, alors qu'il passait

de longues nuits à attendre, au milieu des tempêtes qui emportaient parfois les tentes sous lesquelles il s'abritait, les moments favorables pour observer les astres ou distinguer à travers les brumes de l'horizon les lointains signaux de ses collaborateurs dans la mesure de la méridienne. On peut voir que sous le titre modeste de Notice, c'est un véritable traité qu'il a composé et légué comme œuvre posthume aux physiciens qui y trouveront une foule de documents précieux pour achever l'histoire de notre globe.

VI. — LES INSTRUCTIONS RAPPORTS ET NOTICES SUR LES QUESTIONS A RÉSOUDRE PENDANT LES VOYAGES SCIENTIFIQUES.

La plupart des grandes découvertes ont été inattendues; des programmes n'eussent pu les prévoir. C'est le plus souvent en vain qu'on tenterait de dresser des instructions destinées à diriger les hommes dans les régions inconnues de la science, qui tout à coup se trouve de temps à autre comme renouvelée par un éclair du génie. Mais pour le plus grand nombre des questions de détail, il y a des indications utiles à donner afin d'appeler utilement l'attention de l'observateur qui, à défaut d'un guide ou tout au moins de conseils destinés à le tenir sur ses gardes, laisserait passer, sans en tirer profit, des occasions précieuses de combler des lacunes regrettables. Cela est vrai surtout pour la physique du globe dont les

progrès peuvent recevoir d'un grand nombre de personnes instruites, mais habituées à rester dans le rôle passif de la contemplation, le contingent d'une foule d'observations que le hasard leur présente, et que rarement elles précisent suffisamment. Pour les voyageurs appelés à visiter des contrées éloignées où les climats sont différents de celui de l'Europe, pour les navigateurs qui peuvent être si souvent frappés par des contrastes en passant rapidement sous des cieux nouveaux, des Instructions contenant un résumé des choses les plus intéressantes à remarquer, à noter, à mesurer, sont indispensables, afin qu'ils puissent tirer parti des bonnes fortunes que l'imprévu de la route ne manquera pas de leur livrer.

C'est afin de venir en aide à tous ceux qui peuvent ainsi concourir aux progrès des sciences, que M. Arago a voulu réunir dans un même volume de ses œuvres, les Instructions qu'il a été successivement conduit à rédiger au nom de l'Académie des sciences pour divers voyages scientifiques, les Rapports qu'il a faits sur plusieurs voyages mémorables, des Notices sur quelques-uns des grands phénomènes dont les navigateurs sont appelés à être les témoins.

Le tome IX des *Œuvres* présente ainsi une double utilité; il offre l'exemple après le précepte; il doit être le compagnon favori des naturalistes et des physiciens voyageurs, et il occupe une digne place à côté des *Tableaux de la nature* de M. de Humboldt.

Les Instructions adoptées en 1835 par l'Académie des sciences pour le voyage de *la Bonite* ont été réim-

primées avec quelques additions dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1836; ce nouveau texte, revu en 1851 par M. Arago, forme les sept premiers chapitres de l'ensemble des Instructions réunies dans le tome IX des *Œuvres;* il ne manque que les quelques pages sur les eaux thermales d'Aix en Provence, qui ont été insérées dans le chapitre de la Notice sur les puits forés, relatif aux températures des sources (tome III des *Notices scientifiques*, pages 342 à 348.)

Le chapitre VIII traitant de divers problèmes de météorologie envisagés sous le point de vue le plus général constitue la partie des Instructions concernant la météorologie et la physique du globe, rédigées en 1838 pour les expéditions scientifiques du Nord et de l'Algérie. Ces Instructions ont été publiées d'abord dans le tome VII des *Comptes rendus de l'Académie* et dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1839; elles sont le complément de celles destinées au voyage de *la Bonite.* Nous devons ajouter ici que, sur la proposition de M. Arago, l'Académie émit le vœu « qu'il fût installé à Alger un observatoire sédentaire qui suivrait avec soin tous les instruments météorologiques de manière à caractériser nettement l'état météorologique de l'ancienne régence; qui se livrerait à des recherches magnétiques analogues à celles des observatoires d'Europe; qui fournirait des termes de comparaison aux géologues, aux botanistes, aux géographes. » Ce vœu n'a été réalisé qu'après la mort de M. Arago. Mais l'illustre physicien savait que les progrès scientifiques sont très-lents quand ils dépendent des institutions dont il faut demander la création aux

gouvernements; il n'éprouvait aucun découragement, et lorsqu'au mois d'avril 1853 le ministre de la guerre demanda à l'Académie des sciences de nouvelles instructions sur les observations à faire en Algérie, il s'empressa de dicter diverses notes que j'ai insérées aux pages 535 à 542 du volume.

M. Arago a toujours suivi avec une grande attention les travaux des expéditions scientifiques envoyées vers le pôle Nord pour essayer d'ouvrir, dans les régions arctiques, une voie de communication vers la côte septentrionale de l'Amérique. En 1817, il publia dans les *Annales de chimie et de physique* une première note où il exposait l'état des questions à résoudre. Depuis cette époque, il ne cessa de réunir les résultats obtenus par les hardis et trop souvent malheureux navigateurs qui se sont dévoués aux courageuses entreprises qui ont illustré les noms de Scoresby, de Franklin, de Ross, de Mac Lure, du lieutenant Bellot. Les notes successivement écrites sur ce sujet par M. Arago, dont les premières ont paru dans les *Annales de chimie et de physique*, l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* et les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, et dont les dernières restées inédites ont été dictées en 1852, forment le chapitre IX des *Instructions sur les voyages scientifiques*. Dans ce chapitre, l'illustre physicien appelle surtout l'attention des observateurs sur les singuliers phénomènes que présentent les mouvements des glaces des mers boréales.

Les voyages autour du monde effectués par la corvette *l'Uranie* sous le commandement de M. de Freycinet, et

par la corvette *la Coquille* sous le commandement de M. Duperrey, ont donné lieu à deux rapports très-développés de M. Arago, présentés à l'Académie en 1821 et en 1825 et qui parurent dans les tomes XVI et XXX des *Annales de chimie et de physique*. Les grands travaux relatifs à toutes les parties des sciences naturelles exécutés par les officiers de ces deux bâtiments sont examinés avec beaucoup de détails dans ces documents qui ont mis en relief les faits acquis, et signalé les points restés douteux.

Le voyage exécuté par *la Chevrette* sous le commandement de M. Fabré, dans la mer des Indes et au milieu des îles de la Sonde, et celui fait par *la Bonite* sous le commandement de M. Vaillant, au Brésil, aux îles Sandwich, et dans les mers de l'Inde et de la Chine, n'ont donné lieu, de la part de M. Arago, qu'à des rapports beaucoup plus succincts lus en 1829 et en 1838. Toutefois les travaux accomplis surtout par M. de Blosseville et par M. Darondeau dans ces deux expéditions, qui ont été très-utiles aux progrès de la physique du globe, sont mis en évidence par l'illustre rapporteur. Le premier rapport avait paru dans la *Connaissance des Temps* pour 1832, le second dans le tome VI des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*.

Dans le grand voyage de circumnavigation exécuté par la frégate *la Vénus* sous le commandement de M. Du Petit-Thouars, quoique l'expédition eût à remplir une

mission politique et commerciale, et non pas scientifique, il a été fait une grande partie des observations recommandées par M. Arago dans les *Instructions* dont nous venons de faire l'histoire; aussi un rapport très-détaillé de l'illustre physicien a rendu hommage aux beaux travaux accomplis avec une rare persévérance, pendant les trente mois qu'a duré l'entreprise, par tous les officiers du navire.

L'emploi judicieux des observations astronomiques dans la navigation; la prise de panoramas des points les plus remarquables des côtes visitées par la frégate; la détermination des éléments du phénomène des marées dans des ports appartenant aux latitudes les plus diverses; des mesures nombreuses de la hauteur du baromètre au niveau de l'Océan; des déterminations bien contrôlées de la température de l'atmosphère près de la surface de la mer, des températures sous-marines et des températures des sources; une observation importante de la lumière zodiacale; une étude intéressante des courants; des sondages montrant que les gouffres de l'Océan sont autant abaissés au-dessous de la surface générale des continents que les sommités des plus hautes montagnes sont placées au-dessus; des observations diverses sur la hauteur des nuages, sur les dimensions des vagues, sur la phosphorescence et la couleur de la mer; enfin des recherches multipliées sur le magnétisme terrestre, formaient un contingent que M. Arago tenait à inventorier.

L'illustre physicien voulait que tant de travaux ne restassent pas enfouis inédits dans les cartons du Dépôt

de la marine, ainsi qu'il était arrivé pour une grande partie de ceux recueillis pendant la campagne de *l'Uranie*.

La Notice intitulée *Tableau des régions arctiques* a été écrite par M. Arago en 1821, à l'occasion de la présentation faite à l'Académie des sciences du bel ouvrage anglais de Scoresby portant ce même titre. L'illustre académicien s'était fait renvoyer cet ouvrage qui, étant imprimé, ne pouvait être l'objet, aux termes des règlements, que d'un rapport verbal; mais, dans l'usage, les rapports sur les ouvrages imprimés étrangers sont presque toujours écrits.

M. Arago donna lecture de son travail dans la séance de l'Académie du 27 août 1821, et il l'imprima dans le tome XVIII des *Annales de chimie et de physique*. Scoresby lui avait été vivement recommandé par Léopold de Buch qui, dans une lettre du 20 mai 1817, s'exprimait ainsi : « M. Scoresby s'est formé lui-même; il est un excellent observateur. Il a été plus de vingt fois vers le 80e degré de latitude, et il y retourne tous les ans..... Il est connu pour le plus courageux et le plus hardi des capitaines qui fréquentent les mers du Groenland; c'est un homme digne de figurer à côté des Hudson, des Dampier, des Cook, et si jamais on le place à la tête d'un voyage de découvertes, je suis persuadé que son nom ne s'oubliera pas plus que celui de ces habiles navigateurs. » Une recommandation faite en des termes aussi chaleureux par un savant tel que Léopold de Buch était en quelque sorte pour M. Arago la prescription d'un devoir à remplir, celui de faire estimer à sa valeur

un homme dévoué à la science. Or, M. Arago a toujours donné avec empressement son appui aux gens de mérite qui lui étaient signalés.

En 1850, l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie a voulu que son rapport sur l'ouvrage de Scoresby lui fût relu; il y a fait quelques changements de forme, y a intercalé les chapitres relatifs aux glaces polaires qu'il avait déjà publiés en 1817 dans le tome V des *Annales de chimie et de physique*, et a ajouté à la fin un chapitre relatif à la désastreuse expédition de *la Lilloise*, dans laquelle ont péri de Blosseville et plusieurs autres jeunes officiers de marine d'une grande valeur.

Ce dernier chapitre renferme aussi le texte d'un discours prononcé en 1835 à la Chambre des députés pour demander que, à l'exemple des recherches faites naguère pour retrouver l'infortuné La Pérouse et ses compagnons, on expédiât un navire pour essayer de découvrir le sort de Blosseville et de ses malheureux amis. M. Arago a rappelé que la corvette *la Recherche* montée par MM. Tréhouart, Gaimard, Lottin, expédiée vers les régions arctiques, conformément à ses désirs, avait fait de vains efforts pour interroger les bancs de glace qui engloutissent leurs victimes pour l'éternité, et ne laissent pas même aux survivants la triste consolation d'élever un monument durable à la mémoire de ceux qui succombent, dans les lieux où la mort a frappé ses plus terribles coups.

L'Abyssinie mérite à tous égards l'attention de l'Europe savante. Les mœurs des habitants qui appartien-

nent à la chrétienté, la géographie d'un pays très-accidenté, le climat d'une contrée qui confine à la mer Rouge et renferme des montagnes aussi hautes que les plus hautes cimes des Alpes, la constitution géologique et physique d'une région presque équatoriale, présentent des problèmes dont l'intérêt justifie la multiplicité des tentatives faites pour pénétrer et séjourner dans des lieux trop souvent mortels aux voyageurs.

En 1844 et en 1845, M. Arago a fait des rapports à l'Académie des sciences sur les résultats déjà obtenus et sur ceux qu'il est encore désirable d'acquérir; la première fois il s'agissait de l'expédition de deux jeunes officiers d'état-major, MM. Galinier et Ferret, la seconde fois des voyages de M. Rochet d'Héricourt. Ces deux rapports ont été publiés dans les *Comptes rendus de l'Académie;* en outre, celui relatif à l'entreprise de MM. Galinier et Ferret a paru dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1846 sous le titre de *Tableau d'une partie de l'Abyssinie*. Ce titre a été conservé à la réunion des deux écrits de M. Arago dont j'ai donné une nouvelle édition conforme aux textes primitifs.

La Notice intitulée *Tableau d'une partie de l'intérieur de l'Afrique,* placée immédiatement après la précédente, en est en quelque sorte le complément; il s'agit encore de l'Afrique, mais des contrées plus centrales ou plus occidentales que l'Abyssinie.

En 1818 parut à Londres un volume ayant pour titre « Histoire de l'expédition qui avait été chargée en 1816 d'explorer le fleuve Zaïre, nommé communément le

Congo, sous le commandement du capitaine J.-K. Tuckey, de la marine royale. » Le capitaine Tuckey et presque tous ses compagnons étaient morts pendant cette entreprise. Les commissaires de l'amirauté avaient ordonné que le récit de son voyage fût publié et que toutes les observations recueillies pendant l'expédition fussent coordonnées sous la direction de M. John Barrow. M. Arago s'empressa de faire connaître ce travail en France par une analyse insérée dans le tome VII des *Annales de chimie et de physique* et dans la *Connaissance des temps* pour 1821.

J'ai reproduit cet écrit sans aucune modification, mais en y mettant des titres de chapitre et en y joignant un rapport que M. Arago a fait à l'Académie des sciences en 1852, sur les recherches de M. Antoine d'Abbadie relatives aux orages d'Éthiopie, et qui résout ou éclaircit plusieurs questions laissées indécises dans la Notice sur le Tonnerre, particulièrement celle de la fréquence des orages entre les tropiques, fréquence déjà signalée par M. Boussingault pour les régions équatoriales de l'Amérique.

De l'Afrique et des régions tropicales, le lecteur du tome IX des *Œuvres* passe aux terres australes.

En 1810, M. Arago a publié dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* une Notice sur le voyage du contre-amiral d'Entrecasteaux à la recherche de La Pérouse ; je l'ai réimprimée sans autre addition que celle de quatre lignes dictées par l'illustre physicien et rappelant la découverte des débris du naufrage de La

Pérouse par le capitaine Dillon et M. Dumont d'Urville.

En outre, en 1816, M. Arago a fait au Bureau des Longitudes un rapport sur la partie géographique du voyage de découvertes aux terres australes exécuté par *le Géographe*, *le Naturaliste* et *le Casuarina*, dans le but principal de faire la reconnaissance de la côte sud-ouest de la Nouvelle-Hollande, qui, au commencement de ce siècle, était presque entièrement inconnue. Ce rapport avait été publié dans la *Connaissance des Temps* pour 1819; je l'ai reproduit après la Notice sur l'expédition de d'Entrecasteaux, comme second chapitre d'un tableau des terres australes.

Pour les *Annuaires du Bureau des Longitudes* de 1817 à 1828, M. Arago avait composé des tables indiquant les dates des principales découvertes en géographie, des observations astronomiques fondamentales et des inventions des instruments d'astronomie et de marine; les deux dernières tables ont été insérées dans le chapitre IX du livre XXXIV de l'*Astronomie populaire*. J'ai placé la première à la suite des Notices précédentes sur les voyages de découvertes dont mon savant et vénéré maître s'était occupé. Je l'ai fait suivre de deux pages sur le percement de l'isthme de Téhuantépec, écrites en 1844 comme *rapport verbal* sur un projet de l'ingénieur espagnol Moro, relatif au problème encore pendant d'une communication à établir entre l'océan Pacifique et l'océan Atlantique; d'une note publiée en 1835, sur les travaux de MM. Krusenstern et Siebold relatifs à la topographie et à la géographie du Japon; d'un discours prononcé en

1837 à la Chambre des députés pour combattre le projet qu'avait conçu M. Dumont d'Urville, de chercher à pénétrer avec *l'Astrolabe* et *la Zélée* dans les glaces qui environnent le pôle antarctique; de deux autres discours prononcés en 1839, sur les avantages que la marine marchande retirerait de l'établissement d'un observatoire nautique au Havre, et sur la convenance qu'il y aurait à faire plus rapidement la publication des travaux exécutés par les voyageurs portés par la marine française dans toutes les parties du globe.

M. Bérard, commandant les établissements français de la Nouvelle-Zélande, ayant communiqué en 1846 à l'Académie des sciences les observations faites par lui ou sous sa direction pendant le long voyage de navigation qu'il venait d'exécuter sur la corvette *le Rhin*, M. Arago avait été chargé, conjointement avec M. Duperrey, de faire un rapport sur les résultats scientifiques de cette campagne. L'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie avait voulu remplir sa mission, et il avait dicté plusieurs notes sur ce sujet lorsque la mort l'a frappé; mon devoir était de les publier à la suite de ses autres écrits sur les voyages de circumnavigation.

La science peut acquérir des données importantes pour la physique du globe terrestre par des observations faites dans les régions supérieures de l'atmosphère. Les voyages aéronautiques sont de ceux que M. Arago regardait comme le plus dignes d'encouragements. Il en

avait fait depuis longtemps le sujet de ses méditations, lorsque mon ami M. Bixio et moi nous vînmes lui faire part du projet que nous avions conçu de nous élever, s'il était possible, au delà des plus grandes hauteurs qui avaient déjà été atteintes, non plus comme Gay-Lussac, par un ciel calme et serein, mais au milieu des nuages et malgré les plus violentes agitations des airs. Grâce au bienveillant et empressé concours que lui et M. Regnault nous donnèrent, nous pûmes exécuter, à nos frais communs, et sans aucune subvention gouvernementale ou académique, nos deux ascensions de juin et de juillet 1850.

M. Arago se chargea lui-même de rendre compte à l'Académie des sciences des résultats inattendus de nos dangereuses expéditions. Retenu au lit par des blessures, je n'ai pas eu le bonheur d'entendre son récit, mais mon oreille n'oubliera jamais le son de sa voix lorsque, venant me voir à l'issue de la séance académique, il me dit : « J'ai parlé *con amore*. »

M. Regnault a écrit de sa main, d'après notre carnet de voyage, les diverses circonstances qui ont signalé nos entreprises et a donné lecture à l'Académie du journal de notre second voyage ainsi rédigé avec sa collaboration, comme avaient été faits sous son active et habile direction tous les préparatifs. Je suis heureux d'avoir l'occasion de déposer ici l'expression de la vive reconnaissance que M. Bixio et moi nous lui conserverons toujours. Quant à M. Arago, il a mis le comble à nos vœux, en dictant la Notice sur les voyages aéronautiques que contient le tome IX de ses *Œuvres*, et qui était

restée inédite, sauf le chapitre v, presque intégralement publié déjà dans le tome XXXI des *Comptes rendus de l'Académie des sciences.*

La Note sur les observations barométriques dans leurs rapports avec la navigation, insérée après les *Nouvelles instructions sur les observations à faire dans les voyages scientifiques*, n'avait pas encore été publiée ; le manuscrit en est de la main de M. Arago ; je crois qu'elle a été écrite en 1838 ; elle recommande d'étudier les mouvements du baromètre par les différents vents sur toutes les côtes et en pleine mer.

Dans un volume où il était si souvent question de la mer et de son exploration dans tous les sens, la Notice écrite par M. Arago *sur les phénomènes de la mer* avait naturellement sa place ; elle complète, en les précisant parfois au moyen d'exemples, les Instructions rédigées par l'illustre physicien sur les expériences à entreprendre et les observations à faire. Cette Notice doit être considérée comme une œuvre posthume, quoique plusieurs de ses parties eussent déjà été publiées par M. Arago lui-même.

Les paragraphes I à IX et le paragraphe XI ont été écrits en 1845, pour entrer dans des Instructions générales que le savant secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences aurait voulu que cette assemblée publiât en corps d'ouvrage séparé, ainsi que l'amirauté anglaise l'a fait pour le « Manuel de recherches scientifiques à l'usage des officiers de la marine royale et des autres

voyageurs » qui a été composé sous la direction de sir John Herschel. Ils étaient restés dans les cartons de M. Arago, ainsi que la note sur les observations barométriques dans leurs rapports avec la navigation dont j'ai parlé plus haut, et qui aurait été placée dans la même publication académique, si elle avait été faite.

Le § 10 sur la dénivellation de la mer, les seiches du lac de Genève et des lacs d'Écosse, avait paru en 1822 dans le tome XXI des *Annales de chimie et de physique*.

La question des différences que présenteraient les niveaux de certaines mers, et particulièrement la mer Caspienne et la mer Noire, la mer Caspienne et la mer d'Azow, la Méditerranée et la mer Rouge, la mer Morte et la Méditerranée, la Méditerranée et l'Océan, la mer des Antilles et la mer du Sud, a occupé M. Arago dès 1816. A l'occasion du *Voyage en Crimée et au Caucase* de MM. d'Engelhardt et Perrot, il publia sur ce sujet, dans le tome Ier des *Annales de chimie et de physique*, un article très-détaillé; il y est revenu en 1836, 1837 et 1843 devant l'Académie des sciences, en communiquant des travaux exécutés par des ingénieurs russes et par M. Hommaire de Hell, ou diverses lettres que lui avait adressées son illustre ami M. de Humboldt. Toutes les notes qu'il a écrites dans ces diverses circonstances ont été réunies pour former le § 12 de la Notice sur les phénomènes de la mer.

M. Marcet ayant présenté en 1819 à la Société royale de Londres un très-important Mémoire « sur la pesanteur spécifique et la température des eaux de la mer

dans différentes parties de l'Océan et dans des mers particulières, avec quelques détails sur la proportion de substances salines que ces eaux contiennent, » M. Arago en fit un long extrait analytique et critique pour les *Annales de chimie et de physique*. C'est ce travail qui, revu et augmenté en 1851, forme les §§ 13 à 16 de la Notice sur les phénomènes de la mer.

Sur la question de la densité de l'eau de mer, à l'analyse des recherches particulières de M. Marcet se trouve jointe celle des expériences de Gay-Lussac, de John Davy et des résultats obtenus pendant le voyage de *la Bonite*. M. Arago se prononce pour l'uniformité à peu près générale de la densité des eaux de l'Océan. Relativement à la salure des eaux de la mer, qui est évidemment en relation directe avec la densité, la conclusion est la même, l'agitation des vagues mélangeant incessamment les eaux des courants avec celles de la pleine mer.

Le texte de l'étude des phénomènes que présente la congélation de l'eau de la mer est conforme à celui du tome XII des *Annales de chimie et de physique*, avec cette seule différence que les notes du bas des pages ont repris les places indiquées par l'ordre logique du récit.

Pour la rédaction du paragraphe relatif à la température de la mer dans tous les parages, à la surface, au fond et à diverses profondeurs, M. Arago m'a fait réunir aux détails qu'il avait extraits de l'ouvrage de M. Marcet un assez grand nombre d'autres écrits, savoir : un article déjà publié antérieurement dans le tome V des *Annales;* diverses notes écrites de sa main depuis long-

temps, notamment à propos des observations de M. Lenz, des capitaines Wauchope et Powel; une note extraite des procès-verbaux des séances du Bureau des Longitudes de 1819, sur les observations faites par Dumont-d'Urville pendant son premier voyage de circumnavigation; un tableau des maxima de température de la mer à sa surface publié dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1825; enfin, quelques remarques de M. de Humboldt sur la relation qui existe entre la température sous-marine et les courants d'eau froide qui sillonnent l'Océan à une certaine profondeur.

J'eusse dû compléter cette exposition par une note que mon vénéré maître a rédigée en 1817 à propos du tableau des températures de l'air et de la mer, observées l'année précédente à bord de la frégate *l'Hermione*, pendant la traversée de France à Rio-Janeiro et pendant le retour. Ces observations avaient été faites par M. Lamarche, officier de marine, M. de Saint-Hilaire, qui fut plus tard membre de l'Académie des sciences dans la section de botanique, et M. Saint-Lambert, ingénieur des mines. En les publiant dans le tome IV des *Annales de chimie et de physique*, M. Arago a présenté les remarques suivantes que je n'ai retrouvées que tardivement :

« Sur mer et entre les tropiques, les variations de température de l'atmosphère du jour à la nuit sont plus petites qu'à terre. A Cumana, au centre de vastes plaines peu élevées au-dessus de l'Océan, le thermomètre, d'après M. de Humboldt, monte de 4 ou 5 degrés centigrades, depuis le lever du Soleil jusqu'à deux heures après midi; ici, à quelques légères exceptions près, qui même quelquefois sont en sens contraire, les variations extrêmes journalières atteignent à peine 1 degré.

« Le maximum de température de l'air, durant les deux voyages de M. Lamarche, a été de 29°.7 et correspond au 21 octobre à midi, à 12°53′ de latitude nord, et à un temps calme et pluvieux : cette dernière circonstance est précieuse en ce qu'elle montre que le résultat thermométrique n'a pas dû être affecté de la réverbération du bâtiment. Du 16 au 21 du même mois, entre 9° et 13° de latitude nord, le thermomètre a journellement dépassé 29°. Sous des latitudes correspondantes, de l'autre côté de l'équateur, cet instrument, dans le même mois d'octobre, n'avait atteint 27° qu'une seule fois. L'air de la zone que le Soleil vient de quitter serait-il constamment, même en pleine mer et sous les tropiques, sensiblement plus chaud que l'air de la région dans laquelle il entre? C'est ce qui ne saurait être décidé par un si petit nombre de résultats.

« Des observations des températures de la mer faites par diverses latitudes, sous différents méridiens et dans toutes les saisons de l'année, pourront seules nous faire connaître le nombre et la direction de ces courants qui, comme des rivières chaudes ou froides, coulent, au milieu de l'Océan, de l'équateur vers les pôles ou des pôles vers l'équateur; le parti que les navigateurs ont déjà tiré de la température du Gulf-Stream, pour rectifier les erreurs de l'estime, dans les atterrages sur la côte nord-ouest de l'Amérique, suffirait, au besoin, pour montrer combien de telles recherches méritent de fixer l'attention des savants. Le temps, le lieu et le degré des maxima thermométriques sont les éléments qu'il importe surtout de recueillir.

« M. Lamarche a observé les maxima de température de la mer, au retour de la frégate, dans le mois d'octobre, entre 5° et 13° de latitude nord. Une seule fois, le 18 octobre, par 9° 57′ nord, le thermomètre s'est élevé à 29°.1; les 15, 16, 19 et 20, dans cette zone la plus chaude, il n'a plus dépassé 28°.4.

« Dans l'hémisphère austral, peu de jours auparavant et par des latitudes correspondantes, le thermomètre n'avait jamais atteint même 26°. — Le lecteur remarquera qu'en octobre le Soleil venait d'entrer dans cet hémisphère.

« Les observations de la première traversée, quoique faites dans le mois de mai, c'est-à-dire à une époque où le Soleil avait une déclinaison boréale, nous feraient aussi trouver le maximum de température au nord de l'équateur. Il est bon de noter que cette conséquence résulte tout aussi bien des observations de midi que de celles de 7 heures du soir, quoiqu'elles n'aient été faites ni par la même personne ni avec le même instrument.

« Quant à l'hygromètre, on a constaté qu'il est fréquemment

descendu, même à une grande distance des côtes, jusque vers le 80e degré. Peut-être puisera-t-on quelque jour, dans les indications de cet instrument, des données utiles sur les courants verticaux qui transportent sans cesse les couches supérieures et froides de l'atmosphère dans les basses régions de l'air, où par suite elles doivent éloigner l'hygromètre du terme qui correspond à l'humidité extrême. »

Cette note peut encore aujourd'hui servir de guide aux navigateurs pour diriger leurs observations thermométriques et hygrométriques ; elle pose plusieurs questions qui ne sont pas encore résolues ; elle donne enfin des solutions dont il était utile de fixer la date.

Telle est l'histoire du tome IX des *Œuvres* de M. Arago. Ce volume contient les résultats de méditations et de travaux sur la physique du globe qui, commencés en 1810, ont duré plus de quarante-trois années et n'ont été interrompus que par la mort ; leur réunion dans un même volume est encore un service rendu à la science. En effet, la lecture de ce volume sera souvent la cause d'observations importantes qui ouvriront de nouveaux horizons et feront connaître de nouvelles vérités.

VII. — Les Mémoires scientifiques.

Les recherches les plus délicates et les plus abstraites de M. Arago sont décrites dans la partie de ses *Œuvres* qui porte le titre de *Mémoires scientifiques*. Cependant il

ne faudrait pas croire que ces Mémoires contiennent la plus grande partie de ses découvertes. Dans tous ses autres écrits, et principalement dans ses Notices, on trouve aussi, je crois l'avoir démontré dans les pages qui précèdent, un grand nombre de recherches originales et de découvertes importantes qui suffiraient à la gloire de beaucoup de savants illustres. Il ne prenait pas la plume seulement dans le but d'exposer d'une manière compréhensible pour les personnes non initiées aux procédés et au langage de la science, en un mot pour vulgariser des choses restées comme enveloppées dans une mystérieuse obscurité; il voulait surtout résoudre des questions tout à fait nouvelles, ou du moins éclairer des sujets encore confus pour les savants eux-mêmes les plus compétents; il ne se contentait pas de raconter, il créait. D'ailleurs, lorsqu'il avait fait une découverte, il ne jugeait pas nécessaire de donner à son exposition la forme pompeuse ou solennelle d'un Mémoire; une note modeste, composée de quelques lignes, lui suffisait parfaitement; il se contentait même d'une analyse faite par une main amie dans une collection scientifique quelconque ou dans un ouvrage d'enseignement. Des Mémoires n'ont été écrits par l'illustre physicien et astronome que lorsqu'il s'est agi de faits considérables, d'une exposition difficile, et touchant aux parties les plus ardues de la science.

Le premier volume des *Mémoires scientifiques* est entièrement consacré à l'optique. Il renferme dix-sept Mémoires et cinquante-cinq notes additionnelles. Des Mémoires, cinq sont consacrés à l'étude de la polarisa-

tion de la lumière, sept à la photométrie, trois à la réfraction, deux aux interférences. Les notes sont relatives à ces mêmes sujets et à quelques questions traitées déjà dans l'*Astronomie populaire* ou dans le tome IV des *Notices scientifiques* (tome VII des *Œuvres*), volume qui présente le complément des nombreux et glorieux travaux de M. Arago sur cette branche des sciences.

Le premier Mémoire détaillé que l'illustre physicien ait écrit sur les phénomènes de la polarisation est celui relatif aux couleurs des lames minces; il a été lu le 18 février 1811 à l'Institut; mais il ne fut publié qu'en 1817 dans le troisième volume des *Mémoires de la Société d'Arcueil*, et encore une partie en a-t-elle été perdue, à cause de l'occupation de l'imprimerie où le Mémoire se composait par les Cosaques, lors de l'invasion des armées étrangères. Ces faits sont rapportés dans le § 9 du chapitre XIV de la Notice sur la polarisation de la lumière (tome VII des *Œuvres*, page 413). J'ai reproduit exactement le texte du tome III des Mémoires d'Arcueil. Tout ce qui est imprimé jusqu'à la page 31 a été écrit par M. Arago en 1811; ce qui vient ensuite a été écrit en 1817 pour remplacer la partie du Mémoire brûlée par les Cosaques.

Le principal résultat de ce Mémoire consiste dans la démonstration de ces trois faits : 1° les anneaux réfléchis et transmis, formés entre deux lentilles de verre commun, ont la même intensité et sont polarisés dans le même sens; 2° sous l'angle de 35° les rayons polarisés perpendiculairement au plan de réflexion ne forment

point d'anneaux; 3° les pouvoirs réfringents des corps entre lesquels la lame mince est comprise ont une grande influence sur le phénomène des anneaux. M. Arago a établi la conformité de ces faits avec la théorie des anneaux fondée sur la doctrine des interférences selon les idées de Young, et l'opposition qu'ils présentent avec le système de l'émission de la lumière.

Une des plus belles découvertes de M. Arago est celle des propriétés nouvelles qu'acquiert un faisceau de lumière polarisée lorsqu'on le fait passer à travers certaines substances, et particulièrement à travers des lames cristallines de quartz, de mica, de gypse, etc., convenablement taillées. Ce faisceau donne de brillantes couleurs en se réfléchissant sur les miroirs diaphanes; il fournit deux images ayant des teintes complémentaires, quand on l'étudie au moyen d'un prisme biréfringent. Ce genre de phénomènes appartient aujourd'hui à une branche de l'optique qui a pris le nom de polarisation colorée ou chromatique et qu'a fondée M. Arago; il a suggéré à l'illustre physicien l'idée de construire le polariscope et le polarimètre, instruments à l'aide desquels il est facile de découvrir la polarisation de toute lumière et de mesurer son intensité. Ces précieux instruments lui ont permis d'obtenir sur la constitution physique du Soleil, des planètes, de tous les astres qui peuplent l'univers, des connaissances imprévues.

Le Mémoire dans lequel est contenue la description de cette découverte a été lu à l'Institut le 11 août 1811; des extraits en parurent immédiatement dans le *Moniteur*

et dans le *Bulletin des sciences*, et le texte original fut imprimé en 1812 dans les *Mémoires* de la première classe de l'Institut. J'ai reproduit ce texte sans aucun changement.

Dans le § 8 du chapitre XIV de la Notice sur la polarisation (tome VII des *Œuvres*), M. Arago a fait l'histoire de sa découverte, et j'ai placé alors en note l'article du *Moniteur* du 31 août 1811.

Je dois ajouter que l'on trouve dans ce même Mémoire du 11 août 1811 les premières observations de M. Arago sur la polarisation atmosphérique. En 1813, 1834 et 1850 l'illustre physicien est revenu sur ce sujet dans des notes que j'ai insérées dans le tome VII des *Œuvres* (pages 430 et 435) et dans le premier volume des *Mémoires scientifiques* dont j'écris maintenant l'histoire (page 548). Il avait fait en 1812, 1814 et 1815 une série d'expériences restées inédites, ayant pour but de rechercher l'angle sous lequel l'atmosphère polarise la lumière et le point où la polarisation est nulle dans l'azimut opposé au Soleil; j'ai extrait ces expériences de ses registres et je les ai insérées aux pages 549 à 560 de ce volume.

J'ai publié, immédiatement après le Mémoire du 11 août 1811, l'extrait d'un registre dont plusieurs feuillets sont paraphés par Bouvard et Burckhardt; ce sont des notes restées inédites qui avaient donné lieu à une discussion de priorité entre M. Arago et M. Biot dans la séance du 20 mars 1812, relativement à la découverte des phénomènes de polarisation que présentent la

lumière réfléchie ou transmise par des verres rayés, les rayons lumineux qui frappent ou traversent des verres ou des lames cristallines superposés et divers autres corps.

C'est dans le même registre que se trouvaient les notes que j'ai placées sous les numéros I à VI et la note VIII (pages 335 à 356 et 358 à 362) dans l'Appendice; elles ont été écrites en 1811 et 1812 et elles se rapportent aux mêmes phénomènes.

Les notes historiques sur les anneaux colorés placées sous le numéro IX sont extraites d'un registre contenant les recherches faites en 1814 et 1815 par M. Arago, pour déterminer l'angle de polarisation complète des diverses substances réfléchissantes.

Les notes X à XIV remontent à la même époque; mais elles se trouvaient écrites sur des feuilles volantes.

Le troisième et le quatrième Mémoire sur plusieurs nouveaux phénomènes d'optique, lus à l'Académie des sciences les 14 et 28 décembre 1812, étaient restés inédits; mais tous les feuillets en avaient été paraphés par Delambre. Je les ai imprimés en suivant fidèlement les manuscrits. Ils présentent l'ensemble des expériences faites par l'illustre physicien pour découvrir, par un emploi judicieux des lois de la polarisation alors connues, des données positives sur la constitution des corps cristallisés et des moyens de décider entre la théorie de l'émission, qui régnait encore presque sans contestation, et celle des ondes, qu'il croyait mieux exprimer la vérité. Cette question était alors l'objet presque constant de ses préoccupations.

Dans un carnet contenant les observations sur la polarisation de l'atmosphère qu'il a faites en 1815, se trouve la note insérée dans l'Appendice sous le numéro VII (page 356) et qui explique dans la théorie des ondes la cause des anneaux colorés.

La précaution que prenait à cette époque M. Arago de faire parapher ses Mémoires par l'un des secrétaires perpétuels de l'Académie des sciences se rapporte à l'espèce d'antagonisme qui existait alors entre lui et M. Biot; j'en ai déjà cité un exemple un peu plus haut. M. Biot, dans une note publiée au bas d'un Mémoire sur la polarisation inséré en 1812 dans les *Mémoires de l'Académie,* s'est exprimé à cet égard en ces termes : « Lorsque je voulus m'occuper de ce genre de phénomènes, j'invitai M. Arago, en présence du Bureau des Longitudes, à faire parapher ses Mémoires par MM. les secrétaires perpétuels de l'Institut, afin de constater invariablement les faits ou les théories qu'il pourrait avoir dès lors découverts. Cette demande parut de toute justice, et M. Arago lui-même sembla y accéder; mais il a négligé depuis de remplir cette formalité. »

Depuis que j'ai terminé la publication des *Œuvres* et en faisant le rangement de tous les matériaux que j'ai eu à compulser, j'ai retrouvé dans une enveloppe quelques feuillets entièrement de la main de mon illustre maître, tous paraphés par Delambre. Quoiqu'ils ne portent pas de date, ils remontent évidemment à 1812 ou à 1813; ils sont relatifs aux anneaux colorés, aux couleurs des lames minces et aux couleurs irisées; je ne

dois pas les laisser inédits. M. Arago a dit du reste quelques mots en 1817, à la fin du Mémoire (page 34) que j'ai extrait du tome III des *Mémoires de la Société d'Arcueil*, des faits consignés dans ce Mémoire oublié. Les notes II à V de l'Appendice sont relatives à ces mêmes faits et présentent sans doute les éléments qui lui ont inspiré son travail. Voici comment l'illustre physicien s'exprime dans ces pages restées inédites, et qui ont reçu une authenticité particulière par les paraphes de Delambre :

J'ai décrit en détail, dans un Mémoire antérieur, les propriétés diverses dont jouissent les rayons à axes colorés, tant par rapport à la double réfraction qu'ils éprouvent quand ils traversent un rhomboïde de spath calcaire, que par rapport aux lois qu'ils suivent dans leur réflexion sur les corps. J'ai montré non-seulement ensuite que le nombre, la position et la couleur de ces divers axes dépend, dans chaque rayon de lumière, de la nature, de la position et de l'épaisseur du corps cristallisé au travers duquel le rayon est passé ; mais encore que le rayon, une fois modifié, ne perd aucune de ses propriétés, quels que soient le nombre de réflexions qu'on lui fait éprouver, la nature et l'inclinaison des milieux au travers desquels il se réfracte, pourvu toutefois que la position de ces corps ne soit pas celle dans laquelle, en vertu de l'existence des axes, le rayon doit se décomposer.

« L'analyse succincte que je viens de présenter d'une partie de mon premier travail aura le double avantage d'indiquer à quel point j'avais laissé la question et de contribuer de plus à jeter quelque jour sur les phénomènes analogues dont je me propose aujourd'hui d'entretenir la Classe. Je commencerai d'abord par ceux qui se rapportent plus directement à la question des anneaux colorés.

« Puisque les rayons qui forment les anneaux n'ont pas besoin de se réfléchir pour se polariser complétement, il était naturel de penser que les couleurs qu'on aperçoit autour du point de contact d'une lentille de verre et d'un miroir métallique seraient elles-mêmes complétement polarisées dans un seul sens, quoique d'au-

tres expériences eussent montré que les miroirs métalliques réfléchissent en même temps les rayons qu'ils polarisent en deux sens diamétralement opposés. C'est en effet là ce que des observations directes m'avaient appris depuis longtemps ; mais une circonstance de ce phénomène tout aussi étrange que la polarisation des rayons m'avait échappé, parce que je n'avais pas assez attentivement examiné ce qui se passe en dessous de l'angle qui correspond à la disparition d'une des suites. L'observation qui a ramené mon attention sur ce premier objet est, si je ne me trompe, assez extraordinaire pour mériter d'être rapportée.

« Les artistes appliquent presque toujours un vernis formé en grande partie d'une dissolution de gomme laque dans l'alcool sur leurs ouvrages en cuivre, ce qui les empêche de se ternir. Mais lorsque avec un pinceau ils déposent le vernis sur la plaque encore chaude, l'alcool s'évapore et la gomme laque forme un enduit d'une épaisseur insensible, sur lequel on aperçoit distinctement des couleurs. Dans les couvercles de lunettes ces couleurs sont quelquefois disposées en anneaux réguliers, ce qui tient aux sillons circulaires que le polissoir avait formés lorsqu'on tournait la pièce, et aux couches inégales de gomme laque qui sont venues les remplir.

« J'avais pensé à profiter des couleurs tranchées que j'apercevais sur le couvercle d'une des lunettes de l'Observatoire, pour rechercher si elles se comporteraient dans les phénomènes de la double réfraction comme celles qu'on forme artificiellement lorsqu'on place une lentille de verre sur un miroir métallique. Ces couleurs, comme celles des anneaux ordinaires, changent de teinte avec l'inclinaison, parce que les rayons traversent alors des épaisseurs différentes du milieu diaphane ; mais elles présentent de plus un phénomène extrêmement remarquable, car par un temps serein le couvercle change de teinte dans une direction et sous une inclinaison déterminées avec l'heure du jour, et dans un instant quelconque avec l'azimut dans lequel le corps est placé. Pour abréger je ne rapporterai que les expériences que j'ai faites au coucher du Soleil.

« Je vise au couvercle à l'œil nu, sous un angle très-aigu et dans la direction du Soleil couchant : le couvercle est d'un vert sale tirant sur le bleu.

« Toutes les autres circonstances étant les mêmes, je me tourne vers le sud, ou plus exactement vers un point de l'horizon éloigné du Soleil de 90° environ. La plaque de cuivre, qui d'abord était verte, passe au pourpre très-vif.

« Lorsque le couvercle est éclairé par les rayons qui partent des

points de l'atmosphère diamétralement opposés au Soleil, il est de nouveau vert bleuâtre.

« A 90° de là, ou vers le nord, la couleur qu'on aperçoit est une seconde fois le pourpre vif.

« Les teintes qui sont visibles dans les positions intermédiaires sont des mélanges de vert et de rouge dans lesquels chacune de ces couleurs prédomine successivement.

« Dans les mêmes circonstances une seconde plaque de cuivre était rouge à l'ouest, vert foncé au nord, rouge à l'est et vert foncé au sud.

« Sous l'inclinaison de 35° environ, mon premier couvercle de lunette était jaune verdâtre, dans la direction du Soleil couchant et dans la direction diamétralement opposée. Au nord et au sud on ne voyait point de couleurs.

« Sous une obliquité moins grande encore, le couvercle conservait la même teinte pourpre dans toutes les directions; seulement elle était moins vive quand les rayons que le couvercle réfléchissait vers l'œil partaient du nord ou du sud.

« Ainsi, en résumant, les couleurs sur un métal, vues perpendiculairement, étaient les mêmes dans tous les azimuts. Sous l'inclinaison de 35° environ, elles étaient très-visibles et de même genre dans l'azimut du Soleil et dans son opposé, mais à 90° on n'en voyait point de traces; plus obliquement, elles changeaient de teinte suivant le point du ciel qui envoyait des rayons sur le miroir, avec cette loi remarquable que les couleurs de l'est et de l'ouest étaient complémentaires des couleurs du nord et du sud.

« Ces phénomènes, n'étant visibles que par un temps serein, doivent tenir aux propriétés des rayons polarisés, car j'ai reconnu que l'atmosphère modifie la lumière qu'elle réfléchit comme tous les corps diaphanes, mais dans le seul cas où le ciel n'est pas couvert. Du reste, les changements de couleurs dont je viens de parler ne dépendent pas de ces propriétés d'une manière tellement immédiate qu'on ne soit forcé, pour les expliquer complétement, d'apporter quelques modifications à des lois qui jusqu'à présent avaient été généralement adoptées.

« Les expériences que je viens de rapporter ont été faites à l'œil nu, et ne réussissent que par un temps serein; dans celles qui vont suivre je me suis aidé d'un cristal doué de la double réfraction, et j'ai de plus reconnu qu'il n'est pas nécessaire que la lumière incidente soit polarisée. En examinant les anneaux du miroir de cuivre à l'aide du rhomboïde de carbonate de chaux et sous des incidences peu éloignées de la perpendiculaire, on voit dans toutes les

positions du cristal deux images qui sont à peu près également vives et formées du même arrangement de couleurs. A mesure que les rayons lumineux qui forment ces anneaux s'inclinent de plus en plus à la surface du couvercle, l'une des images s'affaiblit par degrés et finit même par disparaître complétement, lorsque toutefois la section principale du cristal est perpendiculaire ou parallèle au plan de réflexion. Si, le rhomboïde restant dans l'une quelconque de ces deux positions, on incline encore davantage le couvercle aux rayons de lumière, l'image qui d'abord avait disparu se montrera de nouveau, mais avec cette particularité remarquable, que la couleur de chacun des anneaux qui la composent sera complémentaire de celle des anneaux correspondants dans l'image qui avait été toujours visible. Ainsi dans le premier cas, ou sous l'incidence presque perpendiculaire, les rayons qui forment les bandes ont tous les caractères de la lumière directe, puisqu'ils se partagent toujours en deux faisceaux semblables dans leur passage au travers d'un cristal doué de la double réfraction. Sous une inclinaison qui n'est pas très-éloignée de 30°, ces rayons sont polarisés, puisqu'ils n'éprouvent pas la double réfraction dans quatre positions du rhomboïde de carbonate de chaux. Dans les inclinaisons plus petites, la lumière des bandes a la propriété des rayons à axes colorés, car en traversant le cristal de carbonate calcaire, elle se divise en deux faisceaux qui sont teints de couleurs complémentaires.

« Pour m'assurer que ces phénomènes ne dépendent pas de quelque propriété particulière et inconnue de la légère couche de gomme laque dont le cuivre était recouvert, j'ai formé des couleurs semblables en déposant divers fluides sur toutes sortes de miroirs, car le progrès de l'évaporation les amenait en peu de temps aux épaisseurs qui conviennent à la production des différentes bandes. L'huile de sassafras, dont je me suis le plus souvent servi, donne, entre autres fluides, des couleurs très-vives, et qui se prêtent par conséquent avec beaucoup de facilité aux observations qu'on peut en faire sous diverses inclinaisons. Or, dans leur passage au travers d'un cristal convenablement disposé, ces couleurs, comme celles du cuivre verni, se décomposent en deux images semblables, lorsque les rayons qui les forment se réfléchissent sous des inclinaisons peu éloignées de la perpendiculaire. Si l'inclinaison diminue, l'une des images s'affaiblit par degrés, et l'on arrive bientôt au terme où elle disparaît complétement ; plus obliquement, cette image se présente de nouveau, mais sa couleur dans toutes ses parties est complémentaire de celle du premier faisceau. Du

reste, à chaque quart de révolution du cristal, les images échangent en quelque sorte leurs teintes; celle qui était rouge devient verte, et réciproquement l'image verte passe au rouge.

« Comme le passage des rayons colorés d'une image dans l'autre, pendant le mouvement du cristal, ne se fait pas d'une manière brusque, il arrive un moment où les rayons rouges qui sont passés de la première image dans la seconde, par exemple, neutralisent complétement les rayons verts que cette dernière image avait conservés; un moment après la première image disparaît ou devient blanche elle-même, lorsque les rayons verts que la seconde lui envoie sont en nombre suffisant pour neutraliser la partie de rayons rouges qui n'étaient pas encore passés dans le second faisceau. Cette expérience montre d'abord que les couleurs des deux suites sont bien exactement complémentaires, et ensuite que ces couleurs se correspondent parfaitement. Cette dernière circonstance tient uniquement, dans ce cas, à ce que les couleurs occupent sur les miroirs des espaces assez larges.

« Pour analyser complétement ce phénomène, il était naturel que je cherchasse à répéter les observations précédentes à l'aide des anneaux colorés proprement dits. Pour cela j'ai placé un miroir de verre sur un miroir métallique, et j'ai examiné, à l'aide d'un cristal de carbonate calcaire, les anneaux de diverses couleurs dont le point de contact était entouré. Or, depuis l'incidence perpendiculaire jusqu'à l'angle de 35°, les deux séries, à la différence près d'intensité, se ressemblent parfaitement. Passé cette inclinaison, les images sont dissemblables; celle qui d'abord avait disparu se montre et augmente d'intensité à mesure que l'inclinaison diminue, tandis que l'autre s'affaiblit graduellement et à tel point qu'on n'en voit que de très-légères traces lorsque la ligne visuelle fait un très-petit angle avec la surface sur laquelle se forment les anneaux. Si le miroir et la lentille sont très-rapprochés, le centre commun des anneaux est noirâtre; dans les angles très-petits, cette tache se répartit inégalement entre les deux faisceaux, en sorte qu'une des images est noire au centre et entourée d'un cercle blanc, tandis que dans l'autre suite le centre commun des anneaux est blanc et entouré d'une bande noire assez foncée.

« Si au lieu de serrer fortement le miroir de verre sur le miroir métallique on se contente de les poser simplement l'un sur l'autre, le centre commun des anneaux sera de différentes couleurs, suivant l'inclinaison et le degré de rapprochement des miroirs. Or, dans une position quelconque, les centres des deux suites qu'on apercevra avec un cristal de carbonate de chaux auront des teintes

complémentaires lorsque la ligne visuelle fera avec la surface des miroirs un angle très-aigu.

« Les couleurs des deux images qu'on voyait sur le couvercle de cuivre étaient complémentaires et paraissaient se correspondre parfaitement; les anneaux correspondants des deux séries dont je viens de parler ont des diamètres un peu inégaux, car sans cela on les verrait successivement disparaître, pendant chaque quart de révolution du rhomboïde de carbonate de chaux.

« Au lieu de placer la lentille objective sur un miroir métallique, je l'ai quelquefois pressée sur une plaque de verre très-épaisse; mais les anneaux formés de cette manière, examinés à l'aide d'un rhomboïde de carbonate de chaux, ont toujours donné deux images entièrement semblables, soit relativement à la grandeur, soit relativement aux couleurs ou à la disposition des divers anneaux : l'une des deux séries est seulement d'autant plus faible que l'angle de réflexion approche davantage de 35°.

« L'inversion de couleurs que l'on observe dans l'une des deux séries d'anneaux, en dessous de l'angle qui correspond à leur polarisation complète, semble, d'après les expériences précédentes, devoir dépendre de quelque modification particulière et inconnue que les métaux impriment aux rayons de lumière. Je m'étais en effet arrêté d'abord à cette idée, mais j'ai aperçu depuis des phénomènes analogues sur des corps autres que des métaux.

« Le charbon de terre, par exemple, est quelquefois teint de couleurs très-vives, et qui se comportent dans les phénomènes de la double réfraction comme si ces couleurs étaient appliquées sur un miroir de métal; tandis que les anneaux qu'on forme artificiellement en plaçant un miroir de verre sur une plaque de charbon de terre polie ressemblent sous tous les rapports aux anneaux qui entourent le point de contact de deux lentilles de verre.

« J'ai soumis aux mêmes épreuves les couleurs qu'on aperçoit sur les facettes de quelques cristaux de fer oligiste, sur les minerais de plomb sulfuré, sur le cuivre pyriteux, sur l'acier recuit à différents degrés, etc., et toujours avec des résultats, sinon identiques, du moins analogues à ceux que je viens de décrire.

« Je me suis uniquement proposé aujourd'hui de faire connaître ce phénomène en général; dans un autre Mémoire, j'indiquerai de quels principes il me semble dépendre; j'aurai alors l'occasion d'indiquer avec détail les modifications que la nature de la lame mince et celle du corps sur lequel elle repose doivent apporter soit dans la teinte particulière dont chaque image doit se colorer, soit dans la valeur de l'angle sous lequel deux faisceaux lumineux

commencent à ne plus se ressembler. Je me déterminerai d'autant plus volontiers à traiter cette question avec quelque développement, qu'elle se rattache aux propriétés les plus remarquables de la lumière, et que de plus il n'est pas impossible qu'elle conduise à des moyens de déterminer, dans le plus grand nombre de cas, la nature et les propriétés de ces vapeurs légères qui colorent quelques substances naturelles et sur lesquelles la chimie n'a point de prise à cause de leur excessive ténuité.

« Avant de passer à la seconde classe de phénomènes dont il doit être question dans ce Mémoire, je vais rapporter une expérience qui présente un changement brusque de couleur tout aussi extraordinaire au premier aspect que les changements dont j'ai déjà parlé, mais qui s'explique très-naturellement par une hypothèse qui, à la vérité, est en contradiction manifeste avec la douzième proposition du second livre de l'*Optique* de Newton.

« En parlant des couleurs qu'une mince couche de gomme laque forme sur un miroir de cuivre, j'ai déjà remarqué que, par un temps couvert et sous une inclinaison déterminée, elles étaient les mêmes dans tous les azimuts. Supposons maintenant que, l'œil restant fixe par rapport au miroir, on fasse tomber l'ombre d'un corps opaque quelconque sur sa surface et de manière que ce corps intercepte surtout les rayons lumineux qui étaient situés dans le plan d'incidence. La partie du couvercle sur laquelle tombera l'ombre changera de couleur subitement; si elle était verte d'abord, elle sera rouge maintenant, et réciproquement, si elle était rouge à une forte lumière, elle passera au vert lorsque l'ombre du corps la couvrira. Le changement transforme, dans tous les cas, une couleur déterminée quelconque en sa complémentaire. Pour faire commodément cette expérience, il suffit de recevoir successivement sur le miroir la lumière qui passe au travers des carreaux de vitre d'une fenêtre et l'ombre des barreaux.

« En examinant les couleurs à l'aide d'un cristal de carbonate de chaux, on aperçoit, comme je l'ai déjà dit, deux images qui sont semblables ou complémentaires, suivant que les rayons réfléchis forment de grands ou de petits angles avec la surface du miroir, tandis qu'il existe une inclinaison intermédiaire pour laquelle il n'y a qu'un seul faisceau. Or, les rayons qu'on voit dans l'ombre se comportent de la même manière; si l'on interpose le corps opaque dans le moment où le cristal de spath calcaire présente deux images semblables, elles changeront de couleur l'une et l'autre à la fois, et seront par conséquent encore semblables dans l'ombre si l'interposition a lieu dans ces inclinaisons où les deux images

sont diversement colorées, l'image qui était rouge devenant verte, l'image verte passera au rouge, et dès lors elles seront tout aussi dissemblables qu'à une forte lumière; enfin, sous l'inclinaison où au grand jour on n'aperçoit qu'un seul faisceau, on n'en verra de même qu'un après l'interposition du corps opaque, mais leurs teintes seront complémentaires.

« Si les deux surfaces qui comprennent la lame mince étaient l'une et l'autre parfaitement polies, on ne verrait point de lumière lorsque le corps opaque serait situé dans le plan d'incidence. Dans la supposition contraire, les rayons qui tombent latéralement sur le miroir pourront être réfléchis vers l'œil. Or le couvercle de cuivre présente quelques légères rugosités, puisqu'il n'a été poli que sur le tour, tandis que la surface supérieure de la gomme est bien unie. Les rayons qui forment les anneaux après l'interposition du corps opaque viennent donc du miroir ou de la surface inférieure de la gomme laque; mais les couleurs qu'on aperçoit en plein jour étant différentes de celles-là, ne pourront, par suite, être réfléchies que par la surface supérieure de la lame mince.

« J'ai décrit avec beaucoup de détail les changements de couleur qu'on observe dans les anneaux lorsqu'on les examine à l'aide d'un rhomboïde de carbonate de chaux et en dessous de l'angle qui correspond à leur polarisation complète, soit que les anneaux soient formés artificiellement à l'aide d'une lentille placée sur un miroir métallique, ou par une légère couche de liquide déposée sur le miroir. Dans ces deux cas, on trouve une inclinaison sous laquelle les rayons des anneaux sont complétement polarisés; mais lorsque ces anneaux sont produits par une légère couche d'oxyde placée sur un métal, ils présentent l'inversion de couleur, et cependant ils ne disparaissent sous aucun angle, ce qui tient, dans ce cas, à la petite différence des forces réfractives des milieux superposés.

« Les anneaux produits par une légère couche de gomme laque déposée sur un métal, présentent le changement de couleur dont j'ai parlé, tout aussi bien que ceux qu'on formerait en plaçant une lentille de verre sur le même miroir; mais si la lentille, au lieu de reposer immédiatement sur le métal, ne touche que la couche extrêmement mince de gomme laque dont il est recouvert, les anneaux se comportent comme ceux qu'on forme entre deux lentilles de verre superposées; c'est ainsi, par exemple, aussi, que les anneaux formés artificiellement sur une légère couche d'oxyde déposée sur un métal ressemblent aux anneaux ordinaires, et cela quelle que soit la ténuité de l'oxyde, tandis qu'avec un liquide

déposé sur cet oxyde, on aperçoit également l'inversion de couleur. Du reste, la circonstance de ce phénomène sur laquelle il est bon que j'insiste, c'est que dans les deux suites les anneaux ne se correspondent pas parfaitement, puisqu'en faisant tourner le cristal dont on se sert dans l'observation, aucune d'elles ne s'évanouit; c'est par cette raison que, sous certains angles, les centres des deux images ont la même teinte; mais, dans ce cas, leurs étendues diffèrent beaucoup l'une de l'autre.

« On aperçoit des anneaux autour du point de contact de deux miroirs superposés, soit que l'intervalle qui les sépare soit entièrement vide ou qu'il soit rempli d'air ou de tout autre fluide; bien entendu que, dans ces différents cas, les anneaux de même rang ont des diamètres inégaux. J'ai recherché si les anneaux qui se forment sur une couche de liquide comprise entre un miroir de verre et un miroir métallique, ne se comporteraient point comme ceux qu'on aperçoit sur une lame d'air; en faisant cette expérience, je commençais à me placer dans la position où l'on ne voyait qu'une seule image avec le rhomboïde; mais à peine le liquide s'était-il insinué entre les deux miroirs, qu'on voyait deux images, quoique le cristal fût resté dans la même position. Ceci me semble tenir à ce que l'angle sous lequel la lumière se polarise à la surface de séparation de deux milieux dont les forces réfringentes diffèrent peu, est beaucoup plus aigu que celui sous lequel on observe la polarisation complète à la surface commune à l'un quelconque de ces liquides et à l'air. Aussi les anneaux formés dans le vide ou sur la lame d'air sont-ils polarisés à très-peu près sous le même angle, comme je m'en suis assuré. »

Sur les mêmes matières j'ai aussi retrouvé les pages suivantes écrites comme les précédentes par M. Arago, mais non paraphées par Delambre; je ne crois pas non plus devoir les laisser inédites; elles complètent l'exposition d'une série de recherches qui, selon l'expression même de mon illustre maître (tome VII des *Œuvres* page 413), n'ont pas été citées par les physiciens autant qu'elles auraient pu l'être, si les notes sur lesquelle je n'ai que trop tardivement mis la main et que j

reproduis ici eussent été publiées en 1811 ou 1812, époque où elles ont été composées.

« Les couleurs des lames minces de tous les corps de la nature ayant été assimilées par Hooke et Newton à celles des anneaux colorés ordinaires, il était naturel que je cherchasse si une de ces lames, déposée sur un métal et examinée ensuite avec un rhomboïde de carbonate de chaux, offrirait au-dessous d'une certaine inclinaison deux images diversement colorées. On conçoit d'ailleurs facilement que, pour tenter cette expérience avec quelque chance de succès, il est indispensable que le corps mince et le métal soient parfaitement en contact. Les couleurs qu'on aperçoit sur le cuivre verni, par exemple, se prêtent parfaitement à ce genre d'observation.

« On sait, en effet, que pour empêcher ce métal de se ternir à l'air, les artistes le recouvrent d'un enduit particulier dont les éléments principaux sont, si je ne me trompe, l'alcool et la gomme laque; mais cette opération se faisant à chaud, l'alcool s'évapore, et la gomme laque, en se déposant, donne des couches d'épaisseurs différentes et qui par conséquent sont diversement colorées. Dans les couvercles de lunettes ces couleurs sont ordinairement disposées en anneaux concentriques, parce que la gomme a rempli les sillons presque circulaires que le polissoir avait formés sur le métal pendant qu'on le tournait; dans d'autres pièces ces couleurs ne présentent aucune forme régulière.

« Je me suis servi, le plus souvent, dans mes essais de couvercles de lunettes; or, l'examen que j'ai fait des couleurs m'a appris qu'elles sont polarisées sous une inclinaison déterminée; qu'au-dessus les rayons présentent des traces de polarisation partielle, mais que les deux images sont semblables, tandis que, dans les inclinaisons plus obliques, les deux faisceaux ont des teintes complémentaires.

« En appliquant le même moyen d'observation à l'examen des couleurs qui se forment sur certaines facettes des cristaux de fer spéculaire, sur le cuivre pyriteux, sur l'acier recuit à différents degrés, etc., etc., on apercevra des phénomènes analogues aux précédents, mais qui cependant en diffèrent par plusieurs circonstances essentielles; ainsi sous un angle bien aigu les deux images que fournira le rhomboïde seront bien dissemblables, mais leurs teintes ne seront exactement complémentaires que fort rarement; les couleurs de la gomme laque dans l'expérience précédente et

celle des anneaux qu'on forme artificiellement en posant une lentille de verre sur un métal sont polarisées sous l'angle de 35° environ; ici les couleurs naturelles qu'on aperçoit sur les facettes des cristaux fournissent toujours deux images, etc., etc.

« Cette propriété dont jouissent les couleurs déposées sur un métal semblait devoir conduire à un moyen de déterminer par une expérience simple la nature de ces vapeurs légères qui colorent un grand nombre de substances naturelles et qui, par leur excessive ténuité, échappent aux moyens d'analyse des chimistes; mais les expériences que j'ai faites dans ce but m'ont appris que le changement de couleur peut aussi s'observer sans l'intervention d'aucune substance métallique.

« Ainsi le charbon de terre présente quelquefois dans ses feuillures des couleurs très-vives; la substance qui les produit est extrêmement mince, ainsi qu'on peut s'en assurer en raclant légèrement la surface du charbon; or, ces couleurs, polarisées sous un angle que je n'ai pas déterminé bien exactement, donnent deux images complémentaires dans les inclinaisons plus obliques.

« En rapprochant ce résultat de celui que j'avais obtenu en examinant les anneaux qui entouraient le point de contact d'une lentille de verre et d'une plaque polie de charbon de terre, il était naturel de penser que la force réfringente de la lame mince, comparée à celle des deux corps contigus, pouvait contribuer à produire le phénomène du changement de couleur; or, je me suis assuré en effet, en déposant une légère couche d'huile de sassafras ou d'alcool sur la plaque de charbon, que les couleurs qu'on aperçoit sous des angles assez aigus se décomposent, en traversant un rhomboïde, en deux images complémentaires.

« On prouvait d'ailleurs, en faisant tourner le rhomboïde, que les anneaux de teintes complémentaires dans les deux suites n'ont pas des diamètres parfaitement égaux, car la totalité des rayons de l'image ordinaire passant à l'image extraordinaire et réciproquement, après chaque quart de révolution du cristal, il devrait arriver un instant où les deux teintes se neutraliseraient en se superposant.

« Newton s'est assuré, par un moyen dont j'ai déjà eu l'occasion de parler, que, si l'on introduit de l'eau entre deux lentilles de verre, on obtient des anneaux plus petits que ceux que fournissait ce même intervalle rempli d'air; mais pour être autorisé à conclure de cette expérience qu'une lame d'eau isolée donnerait en effet des anneaux colorés plus petits qu'une couche d'air de même épaisseur et également isolée, il faudrait, ce me semble, prouver préalablement que les densités, les forces réfringentes, les opacités

et en général les qualités quelconques des milieux qui comprennent la lame mince ne peuvent modifier la grandeur des anneaux.

« Il est vrai que cette recherche présente beaucoup de difficultés, car comment être assuré, par exemple, qu'après avoir placé une lentille sur un miroir plan de métal, on a obtenu le même degré de rapprochement que lorsque, dans un essai comparatif, on déposera cette même lentille sur un miroir de verre; je ne sais si je me trompe, mais il me semble que l'expérience que j'ai rapportée tout à l'heure pourra conduire à la solution de cette question importante et curieuse. Nous avons vu en effet que les anneaux qui entourent le point de contact d'une lentille et d'un miroir de métal, décomposés avec un rhomboïde, ont fourni dans les inclinaisons obliques deux images qui n'étaient pas semblables : l'une d'elles étant assimilée à la série qu'on apercevrait par réflexion sur deux lentilles de verre, l'autre devrait être comparée aux anneaux transmis par les mêmes lentilles, mais placées dans un degré de rapprochement un peu différent de celui qui fournissait la première image réfléchie. Dans cette dernière expérience la lumière complémentaire de celle que la lame réfléchit passe au travers des lentilles et forme les anneaux qu'on aperçoit par transmission. Lorsque l'appareil renferme un miroir de métal, cette dernière portion de lumière doit être absorbée, soit en totalité, soit en partie; si l'absorption est partielle, on pourrait admettre à la rigueur que la portion que le miroir réfléchit forme la seconde suite que nous découvre le rhomboïde; mais il est clair que dans ce cas les anneaux complémentaires devraient se correspondre parfaitement, et c'est ce qui n'arrive point. Il se présente un autre moyen d'expliquer la seconde suite d'anneaux et qui consiste à supposer qu'elle est formée aux dépens de la portion de lumière incidente qui n'est pas décomposée dans son premier passage au travers de la lame mince, et qui, en revenant du miroir métallique qui la réfléchit, rencontre la lentille supérieure et forme des anneaux transmis. Mais on voit que dans cette nouvelle hypothèse, pour expliquer la non correspondance des anneaux, il faudrait encore admettre que les couleurs formées sur la lame sont en partie modifiées par la nature des milieux en contact avec elle.

« C'est ainsi, par exemple, qu'une portion du couvercle, qui est rouge à l'œil nu, donne, à partir de la perpendiculaire et quand on l'examine avec le rhomboïde, deux images rouges dont les intensités sont d'autant plus inégales qu'on s'approche davantage de l'angle de 35° environ; à cette limite on ne voit qu'une image; plus obliquement on en aperçoit de nouveau deux : celle qui était

rouge conserve cette même teinte, tandis que l'image qui vient de se montrer se colore en vert. Si l'on porte la vue sur une bande verte, on observera précisément le contraire; car au-dessous d'une certaine inclinaison l'image qui avait disparu se montrera de nouveau, mais avec une forte teinte rouge.

« En rapportant tout à l'heure les expériences analogues que j'ai faites sur les anneaux qui entourent le point de contact d'une lentille de verre et d'un miroir de métal, je me suis contenté de dire que les deux images ne sont pas semblables, et j'ai de plus prouvé que les anneaux complémentaires dans les deux suites ne se correspondent pas parfaitement en grandeur. Ici je dois dire au contraire que les mêmes moyens d'observations peuvent servir à démontrer que les bandes colorées dans les deux images ont des diamètres parfaitement égaux et que leurs teintes sont bien exactement complémentaires; en sorte que si, après être arrivé à une de ces inclinaisons pour lesquelles les images sont dissemblables, on fait tourner le rhomboïde sur lui-même, on les verra successivement disparaître l'un et l'autre. Il est clair du reste que cette disparition d'une des images doit être soigneusement distinguée de celle qui a lieu sous l'angle de 35°; dans ce dernier cas les rayons des anneaux étant polarisés ne donnent qu'une image, mais dans les seules positions où la section principale du cristal qu'on emploie est perpendiculaire ou parallèle au plan de réflexion; l'autre disparition, n'ayant lieu que parce que deux images se superposent, ne s'observera au contraire que dans le cas où la section principale du rhomboïde ne sera ni perpendiculaire ni parallèle au même plan. Sous l'angle de 35°, les rayons passant tous à l'image ordinaire, par exemple, l'autre faisceau n'existe pas, tandis qu'ici la disparition d'une des images n'a lieu que parce que ses couleurs sont entièrement neutralisées par les rayons complémentaires que le mouvement du cristal amène du second faisceau dans le premier.

« J'ai déjà eu précédemment l'occasion de parler des couleurs qu'offrent les huiles essentielles lorsqu'on les dépose sur un métal et que l'évaporation les a amenées à une grande ténuité; on peut par ce moyen répéter fort commodément les expériences précédentes. L'évaporation, ne se faisant pas d'une manière régulière dans toute l'étendue de la lame, produit des courbes bizarres diversement nuancées et qui changent de forme à chaque instant; or, en examinant le miroir avec un cristal et sous un angle un peu aigu, on apercevra ces figures irrégulières dans l'une et l'autre image, mais elles auront des teintes complémentaires; ici, comme

avec la couche de gomme laque, un déplacement de quelques degrés dans la section principale fera passer l'une des images au blanc parfait. »

Pour que tous les écrits de M. Arago sur la théorie des anneaux colorés se trouvent dans les œuvres de mon vénéré maître, je dois encore ajouter qu'en rendant compte, dans les *Annales de chimie et de physique*, ainsi qu'il l'a fait pendant plusieurs années, des séances de l'Académie des sciences, il a ajouté les réflexions suivantes à l'analyse d'un rapport (22 janvier 1816) d'Ampère et de Poisson sur un Mémoire de M. Pouillet, intitulé : « Expériences sur les anneaux colorés qui se forment par la réflexion des rayons à la seconde surface des lames épaisses, et sur un nouveau phénomène qui s'y rapporte » :

« Newton a assigné les lois du phénomène des anneaux colorés par rapport à l'ordre des couleurs, aux diamètres des divers anneaux et aux épaisseurs qui les produisent; c'est sur ces lois qu'est fondée la théorie connue des accès de facile réflexion et de facile transmission. Dans cette théorie, les modifications que la lumière éprouve n'ayant lieu qu'à la première et à la seconde surface du verre, il était naturel de penser qu'il se produirait des phénomènes analogues lorsqu'on supprimerait la matière comprise entre les deux surfaces et qu'on la remplacerait par de l'eau, de l'air ou par toute autre substance. M. Pouillet a vérifié cette conjecture en plaçant devant un miroir métallique une lame mince de mica qui remplaçait la première surface de verre; et alors il a vu en effet se former des anneaux semblables à ceux qu'avaient présentés les expériences faites avec un miroir de verre étamé par derrière; il en a mesuré les dimensions dans diverses positions de la lame, et elles se sont toujours accordées avec celles qu'on déduirait de formules fondées sur la théorie des accès. Le duc de Chaulnes avait déjà observé la formation des anneaux dans des circonstances analogues; mais faute d'en avoir mesuré les dimensions, il les avait présentés comme une exception à la théorie newtonienne.

« M. Pouillet a reconnu qu'il n'est pas nécessaire que le rayon traverse la matière même de la lame qu'on place devant le miroir métallique pour former des anneaux. Si l'on y pratique un trou au travers duquel on fait passer la lumière, la portion qui est réfléchie irrégulièrement par le miroir et qui vient passer une seconde fois par le trou produit des anneaux colorés comme dans le cas précédent, ce qui montre que l'action inconnue qui émane des bords de l'ouverture faite à la lame s'exerce à une distance sensible sur la lumière. La figure de cette ouverture peut être telle qu'on voudra; on peut même la remplacer par le simple bord d'une lame opaque; il se formera toujours des anneaux dont les diamètres suivent la loi ordinaire. L'auteur ne se prononce pas dans son Mémoire sur l'identité ou la différence de ces bandes avec celles que produit la diffraction.

« Jusqu'ici le Mémoire de M. Pouillet pourrait être considéré comme le complément du travail que le duc de Chaulnes avait inséré dans le *Recueil de l'Académie* pour 1755; mais l'expérience de la lame opaque présente un résultat nouveau. En effet, cet académicien rapporte qu'après avoir substitué un morceau de mousseline très-claire à la lame de talc, les anneaux circulaires étaient remplacés par des bandes colorées disposées dans le même ordre, mais qui étaient sensiblement carrées, quoique leurs angles fussent un peu arrondis; et qu'une lame de rasoir, placée dans le rayon incident, fournissait seulement plusieurs traits diversement colorés. Du reste, Herschel a reconnu depuis longtemps que, pour produire des anneaux très-vifs avec un miroir métallique parfaitement poli, il suffit de jeter un peu de poussière dans le faisceau de lumière incidente. »

Je croyais également perdu le Mémoire dans lequel M. Arago avait démontré la loi importante qu'il a découverte en 1812 de l'égalité des quantités de lumière polarisée des faisceaux réfléchis et transmis. Mon illustre maître croyait se souvenir d'avoir communiqué ce Mémoire à la Société philomatique, mais faute d'une publication faite par lui-même à cette époque lointaine, il avait dû se borner, en 1851, à invoquer comme prise de date la mention que M. Biot avait faite de la loi

en question en l'attribuant à son auteur (voir tome VII des *Œuvres*, page 379). Du reste, le savant physicien l'avait lui-même énoncée en indiquant le principe de la démonstration, dans sa Notice sur la polarisation (voir le même volume, page 324).

Dans la même enveloppe qui contenait les pages précédentes, j'ai eu le bonheur de retrouver le Mémoire original, entièrement écrit de la main de M. Arago; ce Mémoire, d'ailleurs très-court, est d'autant plus précieux qu'il renferme la description du polariscope primitif de l'illustre physicien et celle de ses premières expériences photométriques. Ce Mémoire est ainsi conçu :

« Les physiciens sont convenus, dans ces derniers temps, de désigner par le nom de rayons polarisés ces rayons qui, en traversant un cristal dont la section principale est convenablement placée, ne donnent qu'une seule image; par opposition, on appelle lumière ordinaire celle qui, dans son passage au travers d'un rhomboïde, donne constamment deux faisceaux également vifs; enfin, la lumière partiellement polarisée sera celle qui se décomposera en deux images inégalement intenses; ainsi, d'après les expériences de Malus, la lumière qui se réfléchit perpendiculairement sur un miroir de verre a les propriétés de la lumière ordinaire; celle qui se réfléchit sous l'angle de 35° est entièrement polarisée; enfin, dans les incidences qui précèdent et dans celles qui suivent celle-là, les rayons ne sont polarisés que partiellement.

« Deux rayons entièrement polarisés sont dits polarisés dans le même sens, lorsqu'en traversant un même rhomboïde, ou, ce qui revient au même, deux rhomboïdes placés par rapport aux rayons d'une manière analogue, ils fournissent le même faisceau émergent; mais si, des deux rayons polarisés, l'un ne donne que le faisceau ordinaire, par exemple, en traversant le cristal, tandis que le second fournit l'image extraordinaire en traversant un cristal semblablement placé, on dira qu'ils sont polarisés en sens contraires. On établit la même distinction entre les rayons qui n'ont

été que partiellement polarisés. Ceci posé, les rayons qu'un miroir de verre réfléchit sous l'angle de 35° étant polarisés dans un sens, il sera facile de trouver une des deux positions d'un rhomboïde dans laquelle cette lumière ne fournit qu'une image; si l'on examine ensuite la lumière qui passe sous la même inclinaison de 35°, le rhomboïde n'ayant pas changé de position par rapport au miroir, on trouvera, ainsi que Malus l'a reconnu le premier, qu'elle n'est que partiellement polarisée, et que de plus l'image la plus faible correspond à celle qui était seule visible quand on examinait les rayons réfléchis; aussi, si dans ce dernier cas on ne voyait que l'image ordinaire, lorsqu'on analysera la lumière transmise le faisceau extraordinaire sera le plus faible, et réciproquement, en sorte que les rayons réfléchis et transmis sont polarisés en sens contraires. Au reste, la polarisation partielle que présente la lumière transmise ne semble pas très-considérable, et c'est sans doute pour cela qu'elle avait échappé aux premières recherches de Malus. Dans les expériences dont je vais rendre compte, je me suis proposé de comparer la quantité de lumière qui se polarise par réflexion à celle qui, sous la même incidence, éprouve la modification contraire en traversant le miroir; la certitude du résultat auquel je suis arrivé devant dépendre de la méthode d'observation que j'ai employée, il sera d'abord convenable que je l'explique succinctement.

« Bouguer a démontré, par une expérience très-simple, que l'œil le moins exercé aperçoit la différence d'intensité de deux lumières très-rapprochées, lors même qu'elle n'est que de 1/64e de l'une d'entre elles. Supposons maintenant que ce 64e de lumière blanche soit décomposé en deux faisceaux complémentaires, l'un rouge, par exemple, et l'autre verdâtre; que la portion rouge puisse être transportée sur l'une des images et la portion verte sur l'autre; dans ce nouvel état, les deux lumières diffèrent moins l'une de l'autre, absolument parlant, que lorsqu'elles étaient blanches, et cependant l'expérience m'a appris que la différence des deux lumières s'aperçoit bien plus aisément par le contraste des teintes que par la seule inégalité d'éclat; c'est ainsi, par exemple, que dans des circonstances où les images comparées paraissaient presque parfaitement égales, il me suffisait de partager la différence entre les deux, mais à l'état de lumière colorée, pour bien distinguer l'une de l'autre.

« Après m'être assuré de la sensibilité de ce moyen photométrique, il ne me restait plus qu'à l'appliquer à la solution de la question que j'ai indiquée plus haut. Voici mon appareil.

« Je prends une petite lunette prismatique; j'en ôte l'oculaire et je ramène le prisme de cristal de roche près de l'œil; la lumière qui passe au travers de la petite ouverture que je laisse à l'objectif se décompose en deux images circulaires en partie superposées; les deux lunules ou croissants qui débordent sont également vifs si la lumière incidente n'est pas modifiée; ils ont des intensités différentes si les rayons étaient polarisés; dans ce dernier cas, et comme je l'ai montré dans une autre circonstance, si je place une plaque de cristal de roche devant l'objectif, les deux croissants se teindront de couleurs très-vives complémentaires, et qui changeront si l'on fait tourner la lunette.

« Supposons maintenant qu'à l'aide de ce dernier appareil on examine la lumière réfléchie par un miroir de verre; les deux lunules seront colorées et le reste du champ sera blanc : qu'on intercepte ensuite la lumière qui tombait sur la première surface du miroir, en sorte que l'objectif ne soit plus maintenant éclairé que par la portion de lumière qui a traversé la glace, les croissants seront encore colorés, mais les teintes seront opposées aux premières : ainsi celui qui était rouge par les rayons réfléchis deviendra vert par la lumière transmise, et réciproquement, celui qui d'abord était vert se colorera maintenant en rouge. Les couleurs que fournit la lumière réfléchie sont extrêmement vives; celles qu'on aperçoit à l'aide des rayons transmis le semblent beaucoup moins.

« Pour savoir si cette différence doit être attribuée à ce que la lumière transmise serait composée d'une moins grande quantité de rayons polarisés, ou si elle dépend seulement des rayons non polarisés qu'elle contient, le moyen qui se présente immédiatement c'est de recevoir à la fois, dans la lunette, les rayons réfléchis et les rayons transmis, en ayant toutefois l'attention de rendre les deux faisceaux incidents également vifs. Ces deux classes de rayons donnant des teintes complémentaires, comme nous l'avons dit plus haut, ces teintes se neutraliseront complétement si le faisceau transmis et le faisceau réfléchi contiennent le même nombre de rayons polarisés; dans tout autre cas les lunules seront colorées, et l'ordre de la distribution des teintes indiquera quel est celui des deux faisceaux qui se compose d'un plus grand nombre de rayons polarisés. Or, cette expérience est très-aisée à faire. Pour cela, je me suis placé avec mon appareil à un ou deux pieds d'une muraille uniformément éclairée. Après m'être assuré que les rayons qu'elle réfléchissait ne présentaient pas la moindre trace de coloration, j'ai placé un miroir de verre à faces parallèles devant l'ob-

jectif. Lorsque j'interceptais la lumière transmise, je voyais les lunules très-vivement colorées; cette lumière transmise me donnait elle-même des couleurs très-apparentes, mais complémentaires des autres lorsque j'arrêtais avec un écran les rayons qui se réfléchissaient dans le premier cas; lorsque enfin les deux faisceaux pouvaient pénétrer également dans la lunette, les deux croissants ne présentaient pas la plus légère trace de coloration; or, ceci ne peut évidemment arriver qu'en tant que le faisceau transmis et le faisceau réfléchi contiennent précisément les mêmes quantités de rayons polarisés. Par conséquent, si les couleurs semblent moins vives quand on examine séparément la lumière transmise que quand on reçoit aussi isolément et dans les mêmes circonstances le faisceau réfléchi, c'est que dans le premier cas elles sont affaiblies par la grande quantité de lumière blanche non modifiée qui se partage également entre les deux images.

« On voit, du reste, que la conséquence curieuse à laquelle ce résultat conduit, c'est que s'il existait un corps qui, sous l'angle de la polarisation complète, réfléchit la moitié de la lumière incidente, l'autre moitié transmise serait aussi entièrement polarisée, mais en sens contraire; en sorte qu'un tel corps présenterait les phénomènes de la polarisation d'une manière tout aussi remarquable par transmission que par réflexion. Dans tous les cas la quantité de lumière qu'un miroir quelconque réfléchit sous l'angle de la polarisation complète, est précisément égale à la différence d'intensité des deux images en lesquelles se décompose la lumière transmise en traversant un rhomboïde convenablement placé.

« On conçoit d'ailleurs, sans que je le dise, que si l'un des deux faisceaux incidents contient une certaine quantité de rayons polarisés, la neutralisation des couleurs dont j'ai parlé tout à l'heure n'aura plus lieu; c'est là ce qui arriverait si, au lieu de recevoir un rayon direct sur le plan de verre, on se servait, comme dans l'appareil de Malus, de lumière préalablement réfléchie par un miroir de métal, car cette lumière contiendrait une certaine quantité de rayons polarisés par réflexion. C'est par la même raison que, par un temps serein, on ne peut pas se servir pour faire cette expérience de la lumière que l'atmosphère réfléchit; mais lorsque le ciel est uniformément couvert de nuages, on observera très-commodément la neutralisation de teintes dont j'ai parlé tout à l'heure en dirigeant la lunette à travers le plan de verre, vers un point du ciel, et recevant en même temps la portion de lumière que le miroir réfléchit. Quelquefois on apercevra des couleurs, quoique les faisceaux incidents et réfléchis paraissent également vifs à l'œil

nu; mais pour s'assurer qu'elles ne tiennent pas à l'inégalité d'intensité des deux faisceaux polarisés en sens contraires, il suffit de renverser l'appareil, car alors les couleurs changeront aussi de place. Ainsi supposons que la lunette soit dirigée à l'orient, par exemple, et que le faisceau incident qui partant de l'ouest est réfléchi par le miroir soit plus vif que le faisceau transmis, les couleurs des deux segments seront distribuées dans le même ordre que si le seul faisceau réfléchi pénétrait dans l'appareil; mais si l'on dirige ensuite la lunette vers l'ouest et que le miroir diaphane soit placé devant l'objectif de manière que la lumière réfléchie parte de l'orient, les couleurs des segments seront complémentaires de celles qu'on apercevait d'abord. Ainsi, dans le premier cas, les couleurs tenaient à ce que le faisceau incident qui se réfléchit était le plus vif, puisque, lorsque ce même faisceau traverse le verre, les teintes changent de nature.

« Malus s'était contenté de dire que sous l'angle de 35° la quantité de lumière qui se polarise par réfraction est proportionnelle à celle qui se réfléchit, ce qui est évident de soi-même; mon expérience prouve que ces quantités sont parfaitement égales, non-seulement sous l'angle de 35°, mais encore sous toutes les inclinaisons où la lumière réfléchie n'est que partiellement polarisée. Il faudra donc désormais attribuer à la force qui polarise les rayons la propriété curieuse d'imprimer des modifications opposées à des *quantités égales* de molécules qui d'ailleurs suivent des routes différentes. J'indiquerai dans une autre circonstance les applications nombreuses qu'on peut faire de ce résultat.

« Les lames très-minces polarisant la lumière des anneaux de la même manière par réflexion que par réfraction, il était curieux de chercher comment elles agiraient sur la lumière blanche qu'elles réfléchissent et sur celle qui les traverse. Or, je me suis assuré par le moyen d'observations dont je viens de parler que les lames très-minces se comportent comme les plaques épaisses de verre, en sorte que sous toutes les incidences elles polarisent la même quantité de lumière par réflexion que par réfraction. »

Continuant à accumuler des preuves de la vérité de la théorie des ondulations, de la fausseté du système de l'émission; constatant que toutes les découvertes nouvelles faites dans l'optique créaient des difficultés pres-

que insurmontables à la théorie newtonienne; observant en fait que, de toutes les conséquences générales déduites de l'hypothèse de Newton, la seule qu'on eût vérifiée jusqu'alors était la loi du rapport constant des sinus des angles d'incidence et de réfraction, mais que cette loi pouvait s'expliquer dans d'autres systèmes; M. Arago résolut de chercher si certaines conclusions tirées de cette même loi dans la théorie de l'émission ne seraient pas en contradiction avec l'observation. Or, le pouvoir réfringent de tout corps, c'est-à-dire le rapport de la puissance réfractive à la densité, devrait rester constant quand la densité change et dépendre de la nature du corps et non pas de son état, si la théorie de l'attraction newtonienne était vraie. Le pouvoir réfringent d'un corps à l'état gazeux devrait donc être le même que le pouvoir réfringent de ce corps à l'état liquide. A cette conclusion, les faits bien interrogés pouvaient répondre péremptoirement. M. Arago institua, en collaboration avec un physicien et géomètre habile, son beau-frère M. Petit, des expériences décisives, étendues en outre à l'examen des pouvoirs dispersifs. Les résultats furent contraires à l'hypothèse newtonienne; ils sont décrits dans le Mémoire *sur les puissances réfractives et dispersives de certains liquides et des vapeurs qu'ils forment*, lu à l'Académie des sciences le 11 décembre 1815, que j'ai imprimé, d'après le texte paru en 1816 dans les *Annales de chimie et de physique*, en y ajoutant seulement une note dictée par M. Arago en 1851 dans le but de mettre en évidence le fait capital de l'inégalité des pouvoirs réfringents et de la variation du rapport du pouvoir

dispersif au pouvoir réfringent, lorsqu'un corps passe de l'état liquide à l'état gazeux.

Les belles découvertes faites par M. Arago dans ses recherches sur les couleurs des lames minces et sur la lumière polarisée ont évidemment engagé Fresnel à lui faire part des premiers résultats que ce dernier avait obtenus à son début dans une voie où il devait acquérir une gloire immortelle.

J'ai dit plus haut (page XLI) comment avaient commencé les relations de ces deux grands hommes. Fresnel, tout jeune encore, était simple ingénieur des ponts et chaussées dans une petite ville de Normandie, et il avait trouvé, sans connaître les travaux des savants qui l'avaient précédé dans la carrière, les véritables explications de l'aberration et de la diffraction. Il avait fait part des résultats qu'il avait obtenus à M. Arago, qui, par ses découvertes récentes sur l'optique, avait conquis une grande place dans l'admiration et la confiance des jeunes gens. M. Arago dut répondre à Fresnel que, dans l'explication de l'aberration, il avait été devancé par Bradley, et dans celle de la diffraction, par le docteur Thomas Young ; « mais, lui ajoutait-il, loin de vous décourager de cette rencontre de votre esprit avec celui de deux hommes supérieurs, trouvez-y une raison d'appliquer votre pénétration à de nouvelles recherches sur la diffraction, où de magnifiques découvertes attendent encore les hommes qui voudront interroger la nature avec sagacité; déjà d'ailleurs vous avez vu ce fait absolument nouveau, que des bandes colorées extérieures ne cheminent pas en ligne droite à mesure

qu'on s'éloigne du corps opaque. Continuez à travailler en vous mettant d'abord au courant de cette branche de l'optique par la lecture de l'ouvrage de Grimaldi, de celui de Newton, du Traité anglais de Jordan et des Mémoires de Bourgham et de Young, qui font partie de la collection des *Transactions philosophiques.* »

Fresnel fut effrayé d'avoir tant de livres à lire, et puis la difficulté de se les procurer était grande pour un homme éloigné de Paris; les travaux de Young étaient d'ailleurs les seuls qui le préoccupaient fortement; il écrivit à M. Arago la lettre suivante :

Matthieu, le 12 novembre 1815.

« Monsieur,

« Ce que vous me dites du système du docteur Young me fait désirer de connaître plus précisément en quoi je me suis rencontré avec lui. Vous concevez quelles peuvent être à ce sujet les petites inquiétudes de mon amour-propre. Je voudrais bien savoir s'il s'explique nettement sur la manière dont il conçoit l'influence que les rayons lumineux exercent les uns sur les autres. Il me semble que s'il avait là-dessus les mêmes idées que moi, il aurait dû être conduit aux mêmes formules, et en conclure aussi que les franges extérieures cheminent suivant des hyperboles. Car, je dois le dire, ce n'est point l'observation, mais la théorie qui m'a conduit à ce résultat que l'expérience a ensuite confirmé... Des anomalies m'avaient bien fait soupçonner auparavant que ces franges ne se propageaient pas suivant une ligne droite; mais je pouvais attribuer d'aussi légères différences à l'inexactitude de mes observations. Ce n'est qu'après avoir trouvé la formule qui représente le phénomène que j'ai construit un micromètre et que j'ai pu donner à mes expériences un assez haut degré de précision pour m'assurer de ces déviations. Mon micromètre étant très-incommode, je n'ai pu faire qu'un petit nombre d'observations. Comme je me dépêchais, je ne me suis pas donné le temps de réfléchir sur les circonstances les plus propres à faire ressortir la courbure des franges extérieures. D'ailleurs je ne faisais guère ces expé-

riences que pour vérifier ma formule. Mais ce que vous m'avez écrit à ce sujet me fait sentir combien il est important de rendre ces déviations plus sensibles par de nouvelles observations. Je commencerai demain ces expériences, si le temps le permet. Ma chambre n'étant pas assez longue, je serai obligé de porter la lentille dans la cour, et je recevrai par le trou du volet la lumière qu'elle m'enverra; j'espère que la lumière étrangère qui s'y mêlera ne m'empêchera pas de bien distinguer les franges en les regardant comme je fais à travers une loupe. C'est par ce moyen que je suis parvenu à les suivre jusqu'à leur naissance en approchant la loupe du corps opaque. Je ne mets rien entre elle et le corps qui porte ombre; je le regarde directement au travers de la loupe.

« J'avais d'abord placé un verre dépoli pour recevoir l'ombre du fil, et je la regardais par derrière avec une loupe; mais je m'aperçus que ce verre était inutile et qu'on voyait les mêmes franges en le supprimant. Je me suis assuré qu'elles ont la même largeur en me servant d'un verre dont une moitié seulement était dépolie; je le plaçai au foyer de la loupe, et les franges que j'apercevais au travers de la partie polie me parurent être bien dans le prolongement de celles qui se peignaient sur la partie dépolie.

« C'est en partant de cette observation que je suis parvenu à distinguer les franges de l'ombre d'un fil éclairé par une étoile. Mais comme la lumière des étoiles est très-faible, il faut employer une lentille peu convexe, et l'on ne peut plus distinguer aussi bien les fils du micromètre. Cependant, comme on peut s'éloigner indéfiniment dans ce cas du fil qui porte ombre sans que la lumière diminue, on parviendrait, je crois, par des observations de ce genre, à mettre bien en évidence le chemin curviligne que suivent les franges extérieures, et d'autant mieux que l'hyperbole se changeant alors en parabole, la courbure est plus prononcée.

« La formule qui donne la largeur de la première frange devient $\sqrt{2db}$, lorsque le point lumineux est infiniment éloigné; cette largeur est donc alors en raison inverse du carré de la distance au fil. A une distance de 8 mètres, la partie sombre de la frange ne s'étend pas encore assez pour qu'on ne puisse être sûr de la mesure à moins d'un demi-millimètre près, comme je m'en suis assuré. En faisant une autre observation à 2 mètres, on trouverait $0^m.00072$ pour la distance de la courbe à la ligne droite partant du bord du fil; ce qui donnerait une différence de près

d'un millimètre et demi sur la largeur totale de l'ombre à cette distance, où les mesures peuvent être encore bien plus exactes qu'à 8 mètres. Je désirerais bien que vous fissiez une série d'observations de ce genre en vous servant d'une étoile, pendant que je vais faire celles que vous m'avez indiquées au moyen d'un point lumineux artificiel.

« Mon congé est expiré de la fin d'octobre, et j'ai reçu une lettre de mon ingénieur en chef qui m'oblige à partir pour Rennes, ma nouvelle résidence. Je vais cependant rester encore quelques jours à Matthieu pour faire ces expériences. Je vous prie de m'adresser toujours vos lettres ici jusqu'à ce que j'aie l'honneur de vous écrire de Rennes.

« Je suis avec la plus haute considération, Monsieur, votre très-humble et très-obéissant serviteur.

« FRESNEL. »

On voit par cette lettre que la proposition d'une collaboration vient de Fresnel ; elle fut acceptée par M. Arago. Dans le tome Ier des *Annales de chimie et de physique*, ce dernier exposa le résultat des premières expériences qu'ils firent ensemble pour mesurer l'influence exercée sur les bandes diffractées par des lames de diverses épaisseurs. La théorie de Fresnel rendait compte dès cette époque de la découverte faite par M. Arago de la disparition des bandes intérieures de l'ombre par l'interposition d'un verre diaphane dans un seul des faisceaux lumineux qui s'interfèrent. J'ai inséré les deux notes qui expliquent ces faits dans le tome VII des *Œuvres*, pages 99 et 132.

Dès 1816 les deux physiciens se lièrent d'une étroite amitié, ainsi que le témoigne leur correspondance. M. Arago s'expliqua nettement devant tous les savants influents sur la haute valeur des travaux d'un ingénieur qu'il ne fallait pas laisser plus longtemps se consumer dans d'obscures et astreignantes fonctions ; il finit par

obtenir en 1819 que Fresnel serait appelé à Paris comme secrétaire de la Commission des phares. C'est à cette époque qu'ils publièrent dans le tome X des *Annales de chimie et de physique* leur beau Mémoire sur l'action que les rayons de lumière polarisée exercent les uns sur les autres. J'ai reproduit sans aucun changement ni addition ce Mémoire qui devrait servir de modèle aux savants qui ont à publier des *Recherches* faites en commun; j'ai dû reste dit son importance à propos de l'histoire de la Notice sur la polarisation (page cv).

M. Arago avait aussi obtenu de l'Académie des sciences qu'elle mettrait au concours, pour le grand prix des sciences physiques, l'examen général des phénomènes de la diffraction de la lumière; il savait que Fresnel était le seul physicien qui pût se tirer glorieusement des difficultés énormes du sujet. Ce fut pour lui une grande satisfaction d'être nommé rapporteur de la commission qui décidait que le prix était décerné au Mémoire de son ami. Mais le rapport qu'il lut à l'Académie n'était pas un acte de camaraderie. La postérité a sanctionné le jugement que l'amitié la plus affectueuse et la plus dévouée avait porté. Le rapport fut publié dans le tome XI des *Annales de chimie et de physique*, avec cinq notes additionnelles; j'ai inséré textuellement le tout sous les numéros xv à xx de l'Appendice. Ces pages contiennent l'histoire d'une des plus belles conquêtes de la physique moderne.

Cependant les conséquences que M. Arago croyait pouvoir conclure des découvertes de Fresnel qui apportaient un puissant appui aux déductions tirées de ses

propres recherches, ne passèrent pas sans de vives contestations. Un physicien illustre, M. Biot, avec lequel on a déjà vu qu'il était en dissentiment sur le fond de l'optique elle-même, avait imaginé que les phénomènes de polarisation colorée découverts par M. Arago pouvaient s'expliquer pour un certain état des molécules lumineuses émises par les corps, état transitoire entre l'état ordinaire et celui de la polarisation fixe. Mais Fresnel avait démontré que les faits constatés dans ses expériences contredisaient nettement les lois que M. Biot prétendait établir dans sa théorie de la polarisation mobile; il en était de même des expériences faites en commun par M. Arago et Fresnel et décrites dans le Mémoire de 1819 dont nous avons parlé plus haut. Il fallait faire admettre par les physiciens, contrairement à l'opinion de M. Biot, que la polarisation colorée s'expliquait par les interférences. Deux Mémoires de Fresnel présentés à l'Académie des sciences en 1816 et en 1818 établissaient cette vérité; ils avaient été renvoyés à l'examen de MM. Arago et Ampère. M. Arago lut son rapport le 4 juin 1821 au sein de l'Académie; M. Biot le combattit et une lutte vive s'engagea; cependant les conclusions furent adoptées dans la séance de l'Académie du 11 juin. J'ai imprimé sous les numéros XXI et XXII de l'Appendice le rapport de M. Arago et la réponse qu'il fit à M. Biot, d'après le texte publié dans le tome XVII des *Annales de chimie et de physique*. J'ai pris soin d'ailleurs de placer en notes au bas des pages les passages des remarques critiques de M. Biot, que M. Arago attaque particulièrement.

A la même époque M. Arago montra que l'action chimique de la lumière produit le phénomène des interférences; il fit sur ce sujet une très-belle expérience consistant à fixer sur du chlorure d'argent les effets des interférences des rayons chimiques. Il se contenta de communiquer la découverte au Bureau des Longitudes (séance du 22 août 1821); mais Fresnel le décrivit en détail en 1822 dans le supplément de la chimie de Thomson; j'ai imprimé cette description sous le numéro XXVII de l'Appendice.

Fresnel a démontré que les phénomènes de la réfraction, de la diffraction, de la polarisation et enfin de la double réfraction s'expliquent complétement par la théorie des ondes; il est entré dans tous les détails des phénomènes, et ses patientes études ont amené la découverte d'une foule de faits nouveaux démontrés soit par ses formules, soit par des observations directes, se vérifiant toujours les unes par les autres. M. Arago a fait en 1822 un dernier rapport à l'Académie des sciences sur un très-beau Mémoire de son ami, relatif aux phénomènes de la double réfraction dans les cristaux à deux axes. Je l'ai inséré sous le numéro XXIII de l'Appendice du volume dont je fais l'histoire.

Tels sont, en y ajoutant leur collaboration dans la question de l'amélioration des phares, les relations scientifiques qu'ont eues Fresnel et M. Arago. J'ai dû les rapporter en détail et date par date, parce qu'elles forment une des plus brillantes pages de la vie de mon illustre maître. Ami de Malus, de Fresnel, de Young, c'est-à-dire, des trois législateurs de l'optique renou-

velée par de magnifiques découvertes dont il pouvait revendiquer une part importante, ayant eu le privilége de leur survivre à tous trois, il s'imposa le devoir d'écrire leurs biographies. Ayant concouru successivement, avec l'actif dévouement dont il donna tant de preuves, à leur élection à l'Académie des sciences, il eut encore la douloureuse satisfaction de prononcer leurs éloges devant ce corps savant. D'ailleurs il avait ressenti la joie d'effacer entre eux tous les germes de dissentiments qui eussent pu provenir de la rivalité de leurs travaux.

Le 29 mars 1827, Young, qui douze ans auparavant avait élevé des réclamations de priorité contre Fresnel, écrivait à M. Arago :

« En vous envoyant mon article annuel pour les additions de la *Connaissance des Temps*, j'ai aussi le bonheur et le plaisir de vous informer que le conseil de la Société royale nous a tous honorés en décernant à notre ami Fresnel la médaille de Rumford, qui n'a été accordée qu'une fois depuis la mort de Malus. Dans cette détermination, le plus zélé soutien de notre cause a été M. Herschel. J'ai été obligé de garder le silence, comme trop directement intéressé dans la question, mais de fait il n'y a pas eu d'opposition. La valeur de la médaille est de 1,500 fr.; il y sera joint une somme de 1,250 fr. que j'aurai à transmettre à Fresnel; elle provient de l'accumulation des intérêts de la valeur des médailles qui n'ont pas été décernées. Pensant que cette circonstance pourra rendre notre système un peu plus populaire qu'il ne l'a été jusqu'à ce jour, je me suis résolu à insérer

dans nos *Astronomical and Nautical Collection* une traduction du Traité que Fresnel a publié dans le supplément de la chimie de Thomson, et je pense que notre ami n'en sera pas mécontent. »

Quelle haute estime avaient les uns pour les autres ces grands hommes qui continuaient dans notre siècle les Huygens et les Euler!

Par une triste coïncidence, ainsi qu'il était arrivé lorsque la médaille de Rumford avait été décernée à Malus, cette fois encore cette médaille devait être déposée au bord d'une tombe. Young écrivit, le 2 septembre 1827, à M. Arago :

« A mon retour de Liverpool, il y a quelques jours, j'ai trouvé sur ma table votre très-obligeante lettre m'annonçant le succès de vos démarches en ma faveur et ma nomination comme un des huit membres associés de l'Académie. Si quelque chose pouvait ajouter à la valeur d'une distinction aussi flatteuse, ce serait la conscience de la devoir principalement à la bonne opinion d'un juge aussi bienveillant et aussi instruit que vous. Je dois cependant avouer que je n'ai pas lu sans quelque confusion mon nom à la tête d'une liste dans laquelle celui d'Olbers était le troisième ; mais je suis d'autant plus obligé à l'Académie de sa partialité en ma faveur.

« Je déplore profondément l'événement fatal qui, pour la seconde fois, frappe le savant auquel la médaille de Rumford est attribuée. Vous ne me dites pas jusqu'à quel point notre pauvre ami a compris les sentiments qui nous animaient quand nous lui avons décerné cette récompense, et le plaisir que nous avions désiré lui procurer.

ni s'il a été satisfait que j'aie essayé de traduire son Traité en anglais. J'ai donné des ordres pour que l'argent qui lui était dû soit envoyé à son frère son héritier. »

Tels ont été les liens étroits qui ont réuni Fresnel, Young et M. Arago. Les œuvres de mon vénéré maître montrent leur amour commun pour les sciences ; leur vive amitié mutuelle égalait leur zèle et leur dévouement à enrichir les connaissances humaines de nouvelles vérités.

Il faut maintenant franchir un intervalle de près de dix ans, pour trouver M. Arago de nouveau et activement occupé de recherches sur l'optique. Pendant ce temps il a été détourné des travaux où il avait jeté tant d'éclat, pour d'autres labeurs où il a aussi fait faire à la science des progrès mémorables. La découverte de l'aimantation momentanée du fer doux, de l'aimantation durable de l'acier par l'action du courant voltaïque, et même par l'électricité ordinaire, le magnétisme de rotation, l'étude attentive des phénomènes du magnétisme terrestre, la découverte des variations diurnes de l'inclinaison et de l'intensité magnétiques et celle des agitations produites sur l'aiguille aimantée par les aurores boréales, se sont succédé coup sur coup. M. Arago consacra aussi beaucoup de temps à ses célèbres Notices sur la machine à vapeur et sur l'état thermométrique du globe, et à plusieurs autres écrits. Mais les conséquences qu'il était possible de tirer de l'application des lois de la polarisation à la solution d'un grand nombre de questions d'optique et d'astronomie, devaient reprendre dans ses

méditations une place capitale. En 1833, il lut à l'Académie des sciences son Mémoire fondamental sur la loi dite du carré des cosinus, c'est-à-dire sur la loi suivant laquelle un faisceau de lumière polarisée se partage entre l'image ordinaire et l'image extraordinaire, quand il traverse un cristal doué de la double réfraction. Ce Mémoire resta inédit, mais M. Babinet en fit connaître la substance dans le *Supplément du Traité de la lumière* de sir John Herschel, que M. Quetelet publia à la fin de 1833. J'ai imprimé le Mémoire de mon illustre maître d'après son manuscrit entièrement écrit de sa main, et j'ai placé à l'Appendice, sous le numéro XXIV (pages 452 à 468), le texte de la note de M. Babinet, qui constitue une prise de date pour M. Arago; j'ai inséré en outre avant cette note quelques lignes de M. Quetelet, extraites du même ouvrage et constatant que cet astronome a vu en 1833, entre les mains du savant directeur de l'Observatoire de Paris, un photomètre construit par Gambey, pour la mesure de la lumière des étoiles, d'après les principes posés dans le Mémoire sur la loi du carré des cosinus.

Aussi, quoique ce ne soit qu'à partir de 1850 que M. Arago ait rédigé et présenté successivement à l'Académie des sciences ses sept Mémoires sur la photométrie, il ne peut s'élever aucun doute sur l'époque très-reculée à laquelle ont été commencées les expériences qui leur servent de base et sur la libérale communication de ses appareils aux physiciens; j'ai d'ailleurs extrait de ses registres les descriptions des expériences originales, et je les ai insérées dans diverses notes de l'Appendice.

Le manuscrit du premier Mémoire sur la photométrie était en partie de la main même de M. Arago, en partie de celle de M. Terrien; il a été écrit ou dicté par mon illustre maître à la fin de 1849; il est consacré à l'exposition générale des méthodes photométriques nouvelles créées par l'illustre physicien, et à la démonstration expérimentale de la loi du carré des cosinus. L'introduction et les conclusions ont seules paru dans le tome XXX des *Comptes rendus de l'Académie des sciences.*

Sous le numéro xxv., j'ai inséré dans l'Appendice (pages 468 à 481) des notes et des mesures faites par M. Arago, en avril, juillet, août, octobre et novembre 1815, pour déterminer sous quels angles divers corps réfléchissent la moitié de la lumière incidente, ou transmettent autant de lumière qu'ils en réfléchissent, et pour trouver sous quel angle un faisceau lumineux transmis et un faisceau réfléchi reçoivent des polarisations équivalentes; ces notes et ces mesures sont extraites d'un registre entièrement écrit par M. Arago, et font voir que le savant directeur de l'Observatoire a poursuivi les mêmes recherches pendant plus de trente-cinq ans.

Le manuscrit du deuxième Mémoire sur la photométrie est, comme le précédent, en partie de la main de M. Arago, en partie de celle de M. Terrien, il remonte au commencement de 1850; le tome XXX des *Comptes rendus de l'Académie des sciences* n'en donne qu'un résumé très-succinct. Ce Mémoire est consacré à la description des expériences qui ont servi à construire la table des quantités de lumière réfléchie et de lumière transmise par une

lame de verre à faces parallèles. La table jusqu'alors inédite qui s'y trouve insérée, est écrite de la main de M. Laugier. J'ai fait dessiner, d'après l'instrument construit par M. Duboscq, les figures du photomètre dont mon illustre maître est l'inventeur et qu'il décrit dans ce Mémoire; j'ai rédigé la légende de ces figures qui n'avaient encore été publiées dans aucun ouvrage, quoique l'appareil eût été présenté à l'Académie des sciences en 1845, ainsi qu'il résulte d'une note du tome XXI des *Comptes rendus* des séances que j'ai reproduite à la suite de ma rédaction.

Dans le premier Mémoire sur la photométrie, la loi du carré des cosinus n'avait été vérifiée expérimentalement que pour des rayons lumineux marchant confondus; elle est ici démontrée pour des rayons restant continuellement séparés, et sa généralité absolue est ainsi établie.

A la fin de son Mémoire, M. Arago montre qu'il n'aurait pas pu résoudre les problèmes qu'il s'était proposés en se servant des appareils jusqu'alors connus, et particulièrement du photomètre de Leslie. Il fait voir que cet instrument, tout à fait insuffisant pour la mesure des intensités relatives de vives lumières, pourrait servir à étudier les réflexions comparatives de la lumière et de la chaleur. J'ai imprimé dans l'Appendice, sous le numéro XXVI, une Note restée inédite, mais écrite par M. Arago lui-même en 1839 sur ce sujet, et l'extrait d'une lettre qu'il a adressée à M. de Humboldt en 1850.

La nature des sources lumineuses a préoccupé longtemps l'illustre physicien, et on en trouve la preuve dans la note insérée sous le numéro XXVIII (page 492), note écrite

de sa main en 1830, mais restée inédite, que lui a inspirée un Mémoire de M. Thénard sur la lumière qu'on croyait communément faire jaillir de l'air et de l'oxygène par la compression seule de ces gaz. La complexité des phénomènes que présentent la plupart des lumières terrestres l'avait fait renoncer à l'idée d'éclairer son photomètre avec aucun des appareils ordinairement employés, et c'est ce qu'il explique dans ses deux premiers Mémoires sur la photométrie (pages 174 et 185), ainsi que dans la Note numéro XXIX, dictée en 1850. Dans cette Note se trouvent rappelés divers résultats déjà publiés en 1822 dans le tome XIX des *Annales de chimie et de physique*, sur les intensités relatives de diverses sources lumineuses. Quelques résultats nouveaux s'y trouvent aussi consignés en ce qui concerne la comparaison de la lumière du Soleil et des lumières artificielles, notamment celle du gaz d'éclairage. Au même sujet se rattache aussi par plusieurs points la Notice sur l'action calorifique et l'action chimique de la lumière, insérée dans le tome VII des *Œuvres* (page 530), et dont j'ai dit l'histoire précédemment (page CXI). Si nous insistions davantage à cet égard, nous quitterions le domaine des sciences pures pour entrer dans celui des applications, que M. Arago n'avait pas en vue dans ses Mémoires; nous dirons seulement, parce que l'occasion ne s'en présentera plus, qu'en 1820 il a publié, dans le tome XV des *Annales de chimie et de physique*, une courte Note que nous n'avons pas retrouvée à temps pour pouvoir l'insérer dans les *Œuvres*, mais qu'il serait sans utilité de reproduire ici : dans cette Note il combattait, par quelques chiffres extraits des registres des expériences

faites à l'hôpital Saint-Louis, les personnes qui s'opposaient encore à cette époque à l'extension de l'éclairage par le gaz extrait du charbon de terre. Quel est le progrès qui n'a pas rencontré des objections? Les hommes de vraie science n'y voient pas de prétexte pour s'arrêter, ils y puisent seulement des motifs pour chercher à découvrir de nouvelles améliorations.

Le manuscrit du troisième Mémoire sur la photométrie est entièrement de la main de M. Terrien; ce Mémoire a été dicté au commencement de 1850. J'ai dû y introduire, d'après les registres d'observations, la plupart des données numériques qui s'y trouvent, et que M. Arago faisait laisser en blanc pendant ses dictées, remettant à plus tard pour remplir les vides que présentait la rédaction au moment de son improvisation.

Ce Mémoire était resté inédit; le tome XXX des *Comptes rendus de l'Académie des sciences* en avait seulement indiqué la substance. Il résulte de ce travail que la méthode photométrique de M. Arago peut s'appliquer à la mesure des quantités de lumière réfléchie et transmise sous toutes les incidences; que la loi de Bouguer relative à la diminution de la part de lumière pour la réflexion sur les métaux à mesure que l'angle avec la surface est plus petit, se trouve complétement vérifiée, mais que ce physicien s'est trompé en estimant très-considérables les pertes éprouvées dans la réflexion totale et dans les réflexions à la première et à la seconde surface du verre dans les incidences où il ne s'opère qu'une réflexion partielle; enfin la grande sensibilité du polariscope est mise

en évidence au moyen d'une application simple de la loi du carré des cosinus.

L'étude de la constitution physique du Soleil par les méthodes photométriques de l'illustre directeur de l'Observatoire de Paris, forme le sujet du quatrième Mémoire sur la photométrie. Ce Mémoire a été dicté en 1850, et présenté le 29 avril de cette année à l'Académie des sciences; mais une analyse très-succincte en a seule été publiée. Le manuscrit qui m'a servi à faire faire l'impression est presque tout entier de la main de M. Terrien; seulement, en 1852, en réponse à quelques critiques de M. Faye, sur la possibilité de l'existence d'une troisième atmosphère solaire, M. Arago a dicté à M. Goujon une intercalation aux pages 243 et 244.

Ce Mémoire fait voir que les nombres donnés par Bouguer et admis par Laplace pour les intensités comparatives du centre et du bord d'un disque solaire sont absolument erronés et doivent être rejetés de la science; il rend compte de l'existence des facules et du pointillé à la surface du Soleil, à l'aide de lois expérimentales relatives au rayonnement des flammes.

Les principes exposés dans le livre XIV de l'*Astronomie populaire* complètent en partie ce Mémoire; il faut encore y joindre les trois notes insérées sous les numéros XXX à XXXII dans l'Appendice (pages 501 à 504); la première, qui est extraite d'une lettre adressée, en 1847, à M. de Humboldt, et qui a été publiée dans le tome III du *Cosmos*, montre que les expériences de M. Arago sur les intensités relatives de diverses parties du disque so-

laire, sont bien antérieures à la date de la présentation à l'Académie du quatrième Mémoire sur la photométrie; la même conséquence se déduit des deux autres Notes qui ont été écrites par M. Arago vers 1833, mais qui étaient restées inédites.

La fin du Mémoire est consacrée à l'action photométrique comparative des rayons qui partent de la région centrale et de ceux qui partent des bords du disque solaire; elle est en grande partie la reproduction d'une Note que M. Fizeau a adressée, le 27 avril 1850, à mon illustre et vénéré maître, Note dans laquelle il est rendu compte des expériences faites par MM. Fizeau et Foucault, en 1844 et 1845, pour prendre des images photographiques du Soleil. C'est une des images ainsi obtenues qui est reproduite par la figure 163 de l'*Astronomie populaire*, (tome II, page 176). M. Arago avait indiqué dès la publication de la découverte de MM. Niepce et Daguerre, cette application des procédés photographiques, et dans les derniers temps de sa vie il avait éprouvé un véritable bonheur, en voyant un savant illustre avec qui il avait eu naguère de vives discussions, sur lesquelles je dirai plus loin quelques mots, lui rendre à cet égard dans une occasion solennelle une justice éclatante. Sir David Brewster, dans un discours prononcé le 2 août 1850, à l'ouverture de la vingtième session de l'Association britannique pour l'avancement des sciences, s'était exprimé, en effet, en des termes flatteurs que M. Arago a pris soin de conserver pour être mis à la suite du manuscrit de son Mémoire, et que je crois devoir reproduire. Voici les paroles du célèbre physicien d'Édinburgh; elles font

ressortir le mérite d'une découverte de M. Arago à laquelle on n'avait peut-être pas attaché dans l'origine une suffisante importance :

« Le fait de photographie le plus important que j'aie maintenant à mentionner, c'est la singulière accélération du procédé de M. Niepce, qui lui permet de prendre l'image d'un paysage éclairé par la lumière diffuse, dans une seule seconde, ou au plus dans deux secondes. Par ce procédé, il a obtenu instantanément une image du Soleil sur l'albumine ; ce qui confirme la remarquable découverte, faite précédemment par M. Arago, au moyen d'une plaque d'argent que les rayons qui proviennent de la partie centrale du disque du Soleil ont une plus forte action photogénique que ceux qui partent des bords. Cette intéressante découverte est une des observations photométriques que ce savant éminent s'occupe maintenant à publier. Menacé d'un malheur que le monde civilisé déplorera, la perte de cette vue qui a découvert tant de brillants phénomènes, et qui a pénétré si profondément les mystères du monde matériel, il complète à l'aide d'autres yeux que les siens ses belles recherches qui doivent immortaliser son nom et ajouter à la gloire scientifique de sa patrie. »

M. Arago termine son quatrième Mémoire sur la photométrie par cette conclusion remarquable, que le décroissement observé du centre vers le bord dans les images photographiques du Soleil doit surtout être attribué à une différence des propriétés que présenteraient les rayons émanés des différents points de l'astre. Par une sorte de prévision du parti que la science tirerait un jour de l'analyse spectrale, il donne en outre le conseil de rechercher si, comme cela semble résulter d'expériences faites par M. Forbes en 1836 pendant une éclipse annulaire, les rayons qui partent du bord et du centre du disque solaire fournissent des spectres dont les raies se correspondent exactement ; enfin, il a soin d'ajouter encore qu'il

restera à comparer les propriétés calorifiques des diverses parties du disque solaire. Ce dernier problème l'a beaucoup occupé, ainsi qu'il résulte d'une Note présentée à l'Académie des sciences en 1852, et que j'ai placée dans l'Appendice sous le numéro XXXIII (pages 505 à 509).

L'idée d'obtenir des notions positives sur la constitution physique du Soleil par l'étude des propriétés intimes de la lumière qui en émane, me paraît incontestablement appartenir à mon vénéré maître. Voici comment il la formulait en 1840 dans une célèbre lettre adressée à son illustre ami M. de Humboldt, que j'ai insérée en tête du volume des Mélanges (tome XII des *Œuvres*, page 39) :

« A l'aide d'un polariscope de mon invention, je reconnus avant 1820 que la lumière de tous les corps terrestres incandescents, solides ou liquides, est de la lumière naturelle, tant qu'elle émane des corps sous des incidences perpendiculaires. La lumière, au contraire, qui sort de la surface incandescente sous un angle aigu, offre des marques manifestes de polarisation. Je ne m'arrête pas à te rappeler ici comment je déduisis de ce fait la conséquence curieuse que la lumière ne s'engendre pas seulement à la surface des corps; qu'une portion naît dans leur substance même, cette substance fût-elle du platine. J'ai seulement besoin de dire qu'en répétant la même série d'épreuves et avec les mêmes instruments sur la lumière que lance une substance enflammée, on ne lui trouve, sous quelque inclinaison que ce soit, aucun des caractères de la lumière polarisée; que la lumière des gaz, prise à la sortie de la surface enflammée, est de la lumière naturelle, ce qui n'empêche pas qu'elle ne se polarise ensuite complétement, si on la soumet à des réflexions ou à des réfractions convenables. *De là une méthode très-simple pour découvrir à quarante millions de lieues de distance la nature du Soleil.* La lumière provenant du bord de cet astre, la lumière émanée de la matière solaire sous un angle aigu, et nous arrivant sans avoir éprouvé en route des réflexions ou réfractions sensibles, offre-t-elle des traces de polarisation, le Soleil est un corps solide ou liquide. S'il n'y a, au contraire, aucun indice de polarisation dans la lumière du bord, la

partie incandescente du Soleil est gazeuse. C'est par cet enchaînement méthodique d'observations que je montrai comment on pouvait arriver à des notions exactes sur la constitution physique du Soleil. Fourier, à qui j'avais expliqué ma méthode, me fit l'honneur de la citer avec clarté, avec exactitude, en 1824, dans l'Éloge de William Herschel. »

Pour compléter les idées qu'il y a lieu de se faire sur l'état de cette partie de la science, à l'époque de la mort de M. Arago, le lecteur devra d'ailleurs se reporter au livre XIV de l'*Astronomie populaire,* consacré à l'étude du Soleil.

Le manuscrit du cinquième Mémoire sur la photométrie est encore de la main de M. Terrien. Ce Mémoire, présenté à l'Académie des sciences le 20 mai 1850, était aussi resté inédit; les expériences photométriques qu'il renferme ont été faites par MM. Laugier, Goujon et Charles Mathieu. Il traite d'abord de la mesure de l'intensité de la lumière de l'atmosphère terrestre frappée directement par les rayons émanés du Soleil; il sera nécessaire de réunir un assez grand nombre de déterminations semblables pour pouvoir déduire quelque conséquence des apparitions des planètes en plein jour.

La seconde partie du même Mémoire est consacrée à apprécier l'influence qu'un mouvement modéré exerce sur la visibilité d'une lumière faible se projetant sur un fond fortement lumineux. L'observation citée à la page 257, et relative à l'apparition d'ombres très-faibles pendant le mouvement, se trouvait consignée dans un registre écrit en 1815; j'ai placé dans l'Appendice, sous le numéro XXXIX, le texte extrait de ce registre. On y lit cette

remarque : « On devra examiner la liaison qu'il peut y avoir entre cette expérience et l'observation des étoiles en plein jour. Le grand avantage qu'offrent les forts grossissements, dans l'observation des petits objets ou des objets très-faibles, ne tiendrait-il pas principalement à la circonstance que les forts grossissements augmentent le mouvement apparent? » Cette phrase donne une date certaine à la théorie exposée dans le livre V de l'*Astronomie populaire* consacré à la visibilité des étoiles. A plusieurs reprises d'ailleurs, M. Arago avait communiqué ses idées sur ce sujet à divers savants, et j'ai inséré dans l'Appendice, sous les numéros XXXIV, XXXV, XXXVI et XL, quatre extraits de lettres écrites en 1847 à M. de Humboldt, et que ce dernier a publiés dans les notes du tome III du *Cosmos*.

M. Arago avait eu trop d'occasions de constater que les différences de constitution dans les yeux des observateurs faisaient varier les conditions de la visibilité des objets célestes, pour ne pas porter son attention sur les phénomènes physiologiques présentés par l'organe de la vue. Les Notes XXXVI à XXXVIII de l'Appendice sont relatives à ce sujet; elles datent de 1824, 1834, 1846 et 1847. Une autre Note qui contient l'exposition d'expériences importantes sur la cause qui modifie l'œil pour l'adapter à la vision des objets diversement éloignés, Note écrite en 1817 à propos d'un Mémoire de M. Brewster, se trouve aussi dans le tome II des *Mémoires scientifiques* (pages 696 et suivantes). Plusieurs fois l'illustre astronome eut la vue atteinte d'affections plus ou moins graves qui l'inquiétèrent, et finirent par lui donner le

pressentiment qu'il ne mourrait qu'aveugle. Dans un discours rapporté plus haut, M. Brewster a dit que malheureusement les craintes de mon vénéré maître se sont réalisées. Comme Galilée et Jean-Dominique Cassini, il dut recourir à des yeux étrangers, non-seulement pour achever quelques-unes de ses belles recherches, mais encore pour guider ses pas pendant les derniers temps de sa vie.

Le sixième Mémoire sur la photométrie est consacré à la constitution physique des étoiles, à la mesure des intensités relatives de leur lumière, à la graduation expérimentale du polarimètre, et à la description du colorigrade et du cyanomètre de M. Arago; il était resté complétement inédit. Le manuscrit est écrit en partie de la main de M. Terrien, en partie de celle de M. Goujon; une autre partie m'en a été dictée. Les mesures photométriques qui y sont rapportées sont principalement dues à M. Laugier.

J'ai fait dessiner le polarimètre et le cyanomètre dont j'ai donné la description et les figures d'après des instruments que m'a prêtés M. Duboscq.

Ces instruments étaient déjà depuis longtemps livrés à un grand nombre de cabinets de physique par M. Duboscq et son beau-père M. Soleil. Le fait a été constaté en 1845, devant l'Académie des sciences, à l'occasion d'une protestation de M. Arago contre un Mémoire de M. Peltier sur la cyanométrie et la polarimétrie atmosphériques; cette protestation est insérée dans l'Appendice sous le numéro XLIV.

D'ailleurs, M. Arago avait construit un cyanomètre

dès 1815, ainsi que cela résulte d'une communication insérée en janvier 1817 par M. Biot dans le *Bulletin de la Société philomatique*. Ce fait est rappelé par mon vénéré maître dans une Note insérée dans le tome VII des *Œuvres* (page 445), que j'ai déjà mentionnée précédemment (page CVI). Dans cette même Note se trouve consignée (pages 442 et 443) un moyen auquel M. Arago attachait de l'importance pour déterminer les pouvoirs dispersifs comparatifs de toutes sortes de substances. Les physiciens qui savent les avantages que l'on a tirés dans ce but de l'emploi des raies de Frauenhofer, comprendront que M. Arago ait tenu à l'honneur d'avoir le premier eu l'idée de se servir, pour la détermination des pouvoirs dispersifs, des spectres interrompus.

Les expériences qui ont servi à la graduation expérimentale du polarimètre ont été exécutées par M. Laugier, sous la direction de M. Arago. Le cyanomètre, je viens de le constater, a été construit, pour la première fois, en 1815; le polarimètre a été présenté en 1845 à l'Académie des sciences. Le 11 novembre 1850, M. Arago a aussi communiqué à l'illustre corps savant une note sur la graduation de cet instrument, qui n'est que l'extrait d'un passage de son sixième Mémoire sur la photométrie.

Avant de graduer exactement son polarimètre, M. Arago se contentait de déterminer les positions dans lesquelles il fallait mettre les plaques de glace pour neutraliser la polarisation de la lumière sous toutes les inclinaisons de la surface réfléchissante.

J'ai placé dans l'Appendice, sous les numéros XLI et XLII, le relevé des observations faites à ce sujet par l'il-

lustre physicien en 1814 et 1815; elles présentent la détermination de l'angle de neutralisation de la lumière polarisée sous diverses inclinaisons et par diverses substances et la mesure de l'angle de polarisation complète. On voit par ces documents avec quelle persévérance M. Arago a poursuivi ses recherches sur le même sujet pendant près de quarante années.

La propriété de polariser plus ou moins la lumière étant une propriété spécifique, et la détermination de l'angle de polarisation complète ou de polarisation maximum étant une chose facile d'après les expériences de M. Arago, l'illustre physicien a proposé de s'en servir pour reconnaître la nature des corps réfléchissants. C'est à un tel essai qu'ont été soumis des diamants présentés en 1843 à l'Académie des sciences; la Note qui concerne cette application de la polarisation est placée dans l'Appendice sous le numéro XLIII.

Le septième Mémoire sur la photométrie est consacré à la solution de divers problèmes d'astronomie et de météorologie par l'emploi des méthodes et des appareils décrits antérieurement; il a été communiqué le 17 juin 1850 à l'Académie des sciences, mais le compte rendu de la séance n'en indique que très-succinctement la substance. Le manuscrit qui a servi à l'impression est en partie de la main de M. Arago lui-même, en partie de celle de M. Terrien; quelques passages m'ont aussi été dictés par mon illustre maître, et j'ai fait tous les calculs dont les résultats s'y trouvent relatés.

Dès 1833 M. Arago avait prévu, en rédigeant son Mémoire sur le carré du cosinus, les applications qui se trouvent maintenant réalisées. La mesure de la hauteur et la détermination de la nature des nuages, l'étude de la lumière cendrée, la comparaison du bord lumineux de la Lune aux taches sombres qu'on a appelées des mers, les observations de la lumière de Jupiter et de ses satellites, sont autant de sujets dont il s'occupait depuis l'époque où il avait inventé sa lunette polariscope.

J'ai réuni, dans les Notes XLVIII et XLIX de l'Appendice, les observations que mon illustre maître a faites sur la lumière de la Lune et que j'ai retrouvées dans ses registres; quelques-unes remontent à 1811. L'idée de rechercher dans la lumière cendrée une sorte de mesure de l'état plus ou moins nuageux de l'atmosphère terrestre a été soumise en 1833 à l'Académie des sciences.

A la fin de la Note numéro XLV de l'Appendice se trouvent (pages 558 et 560) les observations faites en 1842 sur la polarisation de l'atmosphère terrestre éclairée par la Lune.

Les observations de la polarisation de la lumière des halos et d'arcs remarquables apparus sur les nuages, que l'on doit au savant physicien, sont placées sous les numéros XLVI et XLVII dans l'Appendice.

Quoiqu'il eût eu recours à des collaborateurs très-habiles et très-actifs pour essayer de suppléer à l'état de sa vue devenant tous les jours plus alarmant, et tâcher d'achever un grand nombre de recherches entreprises depuis

longtemps, M. Arago ne se faisait plus guère d'illusion, vers la fin de 1850, sur l'impossibilité où il serait de mener à terme tous les travaux qu'il avait entrepris ; il sentait sa santé et ses forces dépérir ; il résolut de publier les projets d'expériences qu'il avait conçus et de léguer à ses successeurs l'achèvement de son œuvre. Il dicta en conséquence à M. Terrien son Mémoire intitulé : « Projets d'expériences destinées à compléter les résultats déjà obtenus en 1815 et années subséquentes, relativement au maximum de densité de l'eau, à la réfraction de l'eau sur diverses pressions, à l'influence de la température sur la réfraction des corps, et à la réfraction de l'hydrophane imbibée de divers liquides. » Le préambule de ce Mémoire, avec une analyse sommaire des matières qui s'y trouvent contenues, a seul été publié dans le compte rendu de la séance du 5 août 1850 de l'Académie des sciences. Je n'ai eu qu'à faire dessiner deux figures pour compléter le texte que j'ai imprimé. J'ai relevé d'ailleurs dans les registres d'observations tous les résultats d'expériences et toutes les notes qui m'ont paru se rattacher aux divers sujets dont il est question dans le Mémoire, et je les ai insérés dans l'Appendice sous les numéros L à LIII ; il en résulte que les premières expériences de mon illustre maître sur la réfraction de l'eau à diverses températures remontent, non pas seulement à 1815, comme il avait cru s'en souvenir, mais bien à 1811. Les expériences sur la réfraction de l'hydrophane imbibée de divers liquides ont été communiquées le 15 septembre 1830 au Bureau des Longitudes.

Les Notes LI et LII relatives aux diverses influences qui agissent sur la réfraction et aux phénomènes de polarisation observés avec un prisme de verre, exigent que je donne ici quelques explications. M. Arago attachait une grande importance aux changements moléculaires que la compression, la trempe ou d'autres actions mécaniques pouvaient produire dans la constitution intime du verre, changements mis en évidence par des phénomènes de réfraction et de polarisation singuliers. Les deux Notes LI et LII, consignées dans les registres d'observations à des époques que je ne saurais préciser, montrent ses préoccupations et décrivent des faits curieux sur lesquels M. Brewster a de son côté appelé l'attention du monde savant dans plusieurs circonstances. Les prétentions de l'illustre physicien d'Édinburgh sur quelque invention en cette matière ont à plusieurs reprises amené de vives critiques de la part de mon vénéré maître. Dans le tome II des *Mémoires scientifiques* (pages 694 à 700) se trouvent six pages où la question est vivement discutée à propos des effets que le fluide qui humecte la cornée peut produire sur les observations astronomiques. Voici encore sur ce sujet une Note publiée en 1816 dans le tome Ier des *Annales de chimie et de physique*, et qui m'avait échappé, lorsque j'ai arrêté la composition des volumes des Mémoires :

« Dans une lettre de M. Brewster communiquée à l'Académie des sciences par M. Biot, on lit que : « le verre, le muriate de soude, le spath fluor et les autres corps qui ne possèdent pas la double réfraction ou qui la possèdent imparfaitement peuvent recevoir la structure qui la donne au moyen d'une compression ou d'une dilatation mécanique. Si une plaque de verre est courbée

par l'effort de la main, le côté concave acquiert la structure d'une des deux classes de cristaux doués de la double réfraction, et le côté convexe acquiert la structure de l'autre classe : ces deux structures sont séparées par une ligne noire, c'est-à-dire où la double réfraction est nulle. »

« J'ai transcrit fidèlement les expressions de la lettre de M. Brewster, quoique je ne devine pas ce qu'il entend par *double réfraction imparfaite*. C'est incontestablement une chose très-curieuse que la chaleur, une pression mécanique, etc., donnant au verre ce genre de structure qui le rend propre à dépolariser diversement les rayons de différentes couleurs, et qui appartient, comme on le sait, aux cristaux doués de la double réfraction : mais de ce que deux corps ont l'un et l'autre une même propriété particulière, est-on en droit d'en conclure qu'une seconde propriété, qui *pourrait* bien ne pas dépendre de la première, doit également leur être commune? Avant de dire que quelques diamants ont la double réfraction, ne faudrait-il pas avoir aperçu une double image en regardant au travers de leurs faces? Dans l'état actuel de nos connaissances, il est évident que tout cristal doué de la double réfraction doit dépolariser la lumière qui le traverse, du moins dans certaines circonstances; mais la proposition réciproque est loin d'être certaine. J'avais insisté sur cette distinction en 1811, dans le Mémoire où, pour la première fois, je décrivis les phénomènes de la dépolarisation que présentent le mica, le sulfate de chaux, le cristal de roche et même le verre [1]. Les expériences que M. Biot a faites depuis à l'aide de couches épaisses de certains liquides me semblent en démontrer la nécessité. M. Brewster avait récemment *adopté* cette manière de voir : j'ignore si de nouvelles expériences l'ont fait changer d'avis; mais toujours est-il certain que dans les ouvrages anglais les plus récents (voyez *a Journal of Science and the Arts,* edited at the Royal Institution of great Britain, 1816, page 118) on présente de simples observations de *dépolarisation de la lumière* comme des preuves de l'existence de la double réfraction dans certains corps, tels que le muriate de soude, le fluate de chaux, l'alun et le diamant, à travers lesquels, du moins que je sache, on n'a jamais aperçu de double image.

« M. Brewster annonce qu'il a construit un dynamomètre chromatique qui mesure les forces par le développement des teintes, comme aussi un nouveau thermomètre et un hygromètre. Il ajoute

1. Voir notamment pages 42, 50, 54, 64 du tome I[er] des *Mémoires scientifiques*.

que son Mémoire sur ce sujet a été adressé à sir Joseph Banks, vers le 20 janvier 1816.

« Le muriate de soude, le spath fluor, la gomme copal, le diamant, etc., peuvent recevoir la structure doublement réfringente par l'effet de la chaleur propagée. L'obsidienne possède naturellement les divers ordres de franges qui s'observent dans les verres échauffés ou rapidement refroidis.

« Les cristallins des animaux ont la propriété de la double réfraction; ceux des poissons la possèdent d'une manière très-curieuse : les portions intérieure et extérieure ont la structure d'une classe de cristaux, et la portion centrale a la structure de l'autre classe. Les figures qu'on aperçoit, par les moyens connus, avec la lumière polarisée, ne sont pas les mêmes dans les différents diamètres de la sphère cristalline; d'où il résulte que sa construction générale n'est pas symétrique. Les yeux des quadrupèdes donnent des figures différentes; la cornée a une cristallisation dirigée vers le sommet.

« En coagulant des gelées animales dans des caisses de bois ou de verre, l'auteur leur a donné, d'une manière permanente, la structure des cristaux doublement réfringents, et elles ont produit de très-belles couleurs.

« L'aberration de sphéricité dans les lentilles peut être corrigée, du moins à très-peu près, à l'aide d'une différence de densité que M. Brewster *dit* être parvenu à leur donner.

« M. Brewster avait déjà publié en 1815, dans les *Transactions philosophiques*, un Mémoire étendu *sur la dépolarisation que la lumière éprouve en traversant différents corps des règnes minéral, animal et végétal*. Des extraits de ce travail ont été insérés depuis dans presque tous les journaux anglais (voyez, par exemple, les *Annales de Thomson*). Peut-être ne sera-t-il pas hors de propos de remarquer à cette occasion que, du vivant de Malus, c'est-à-dire en 1811, il a paru dans *le Moniteur* (voyez aussi l'*Analyse des travaux de la première Classe de l'Institut pour l'année* 1811) un Mémoire de ce célèbre physicien dont M. Brewster n'a pas eu connaissance, puisqu'il ne le cite nulle part, qui est aussi relatif à la dépolarisation de la lumière, et dans lequel se trouvent consignés la plupart des résultats que le savant écossais donne comme nouveaux. Le peu d'attention que les physiciens accordent généralement à l'histoire de la science fournit maintes occasions de faire de semblables remarques. »

Cette Note est très-modérée dans la forme. Dans la Notice sur les phares (tome III des *Notices scientifiques*, tome VI des *Œuvres*) se trouve l'examen de la réclamation que M. Brewster avait élevée contre Fresnel à propos des phares lenticulaires. Ici la polémique a pris les allures les plus vives. Cet *examen*, fait par M. Arago, avait paru en 1828 dans les *Annales de chimie et de physique;* la Notice sur les phares la reproduit dans son entier, à l'exception des lignes suivantes, mises dans les *Annales* au bas d'une page :

« J'avais jugé convenable de montrer, par quelques citations, à quel point M. Brewster, si riche d'ailleurs de son propre fonds, éprouve le besoin de *s'associer* aux découvertes des vivants et des morts; mais la liste est devenue trop longue pour une note; je la supprime donc, en prévenant néanmoins M. Brewster qu'elle est tout à fait à sa disposition et que je la soumettrai au public dès qu'il en témoignera le moindre désir. »

Mais entre des hommes qui avaient concouru à enrichir la science de brillantes découvertes, les dissentiments ne pouvaient résister à l'épreuve du temps. Dans les premiers jours de 1849, M. Arago usa de son influence dans l'Académie des sciences pour faire élire M. Brewster, en remplacement de Berzelius, l'un des huit associés étrangers de ce corps savant. Voici la lettre de remercîment que M. Brewster fit parvenir à l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie :

« Mon cher Monsieur,

« Je vous remercie de votre aimable billet du 6 janvier, par lequel vous m'annoncez mon élection comme un des huit associés

de l'Institut. Il n'est pas nécessaire que je vous dise combien j'attache de prix à cet honneur, et parce qu'il donne à mes travaux scientifiques l'approbation de l'Académie la plus distinguée du monde, et parce que je le dois à la recommandation de M. Biot et de vous-même dont les brillantes découvertes dans le même champ où il a été de mon lot de travailler, ont formé avec celles de Fresnel une époque dans l'histoire des sciences physiques.

« Je vous prie de bien vouloir présenter à l'Académie des sciences mes plus vifs remercîments pour l'éminente distinction dont elle vient de m'honorer.

« Croyez-moi, mon cher Monsieur, toujours tout à vous.

« D. Brewster. »

St-Leonard's Collége, St-Andrews, 20 janvier 1849.

Ainsi l'histoire des sciences dira que si des hommes comme MM. Biot, Brewster et Arago ont eu parfois à combattre leurs opinions, ils n'en éprouvaient pas moins les uns pour les autres des sentiments d'une profonde estime qu'ils aimaient à se témoigner mutuellement, aussitôt après que le bruit de leurs querelles s'était apaisé.

Le dernier Mémoire que contient le premier volume des Mémoires scientifiques a été dicté en 1853 pour être communiqué à l'Académie des sciences; la mort a frappé l'illustre savant avant que ce dernier désir pût être satisfait.

J'ai imprimé ce Mémoire d'après le manuscrit écrit de la main de M. Goujon; je n'ai eu qu'à y ajouter les figures et la description de l'appareil à interférences de mon vénéré maître, appareil dont M. Duboscq a bien voulu à ma prière faire monter un modèle dans ce but. Cet appareil est propre à la détermination des indices de réfraction de tous les corps dans des circonstances où

les moyens ordinaires de mesure seraient insuffisants ; il a été imaginé afin de lever toutes les objections que pouvait laisser l'emploi d'un appareil plus simple dont M. Arago s'était servi avec Fresnel, en 1818, pour comparer, au moyen des interférences, les indices de réfraction de l'air sec et de l'air humide.

Les résultats obtenus dans les expériences faites en commun par Fresnel et M. Arago, ont été publiés en 1822 dans le supplément à la chimie de Thomson. J'ai inséré dans l'Appendice, sous le numéro LIV, le passage de cet ouvrage qui relate les faits en question.

La Note numéro LV relative au moyen imaginé par M. Arago pour augmenter l'intensité de la lumière dans l'étude des phénomènes d'interférences, se compose d'une autre citation de l'ouvrage de Thomson et d'un passage dicté en 1853 par M. Arago pour être joint à la description de son appareil d'interférences. La Note se termine par une remarque sur l'utilité de l'emploi d'un compensateur que présente l'instrument, et sur lequel M. Arago est revenu dans son Mémoire sur les affinités des corps pour la lumière. (Voir tome II des *Mémoires scientifiques*, page 724.)

Le deuxième volume des *Mémoires scientifiques* (tome XI des *Œuvres*) renferme des Mémoires ou Notes sur des sujets plus variés que le premier, mais la plupart des questions qui s'y trouvent traitées n'ont occupé M. Arago que pendant un temps généralement assez restreint, et

elles ne demanderont pas isolément de très-grands détails historiques ; leur nombre assez considérable, trente-neuf sujets y sont traités, exigera cependant que quelque développement soit donné à la revue que je dois en faire.

Les expériences exécutées en 1822 à Montlhéry et à Villejuif, sur la proposition de Laplace, par une commission du Bureau des Longitudes composée de MM. de Prony, Bouvard, Arago, Mathieu, et à laquelle ont été adjoints MM. de Humboldt et Gay-Lussac, dans le but de déterminer la vitesse du son dans l'air, ont été exposées dans un Mémoire rédigé par M. Arago. Ce Mémoire a paru dans la *Connaissance des temps* pour 1825 et dans le tome XX des *Annales de chimie et de physique;* l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* de 1823 en a donné un extrait. C'est M. Arago qui a tiré des expériences entreprises sur la propagation du son les conséquences qu'elles comportent. J'ai reproduit intégralement ce Mémoire en tête du deuxième volume des *Mémoires scientifiques*.

D'autres importantes questions de physique générale que M. Arago concourut également à résoudre, sont celles de la détermination des forces élastiques de la vapeur d'eau à des températures élevées et de la vérification, pour de très-fortes pressions, de la loi énoncée par l'abbé Mariotte relativement à la proportionnalité inverse du volume d'une masse gazeuse et de la compression à laquelle elle est soumise. La multiplicité des accidents

auxquels donnaient lieu au commencement de ce siècle les machines à vapeur, dont l'usage s'était alors tout à coup répandu dans l'industrie française encore inhabile à les établir et à les surveiller, avait attiré fortement l'attention du gouvernement. L'Académie des sciences fut consultée en 1823 sur la nature des règlements préventifs qui pourraient prévenir les explosions des chaudières, sans entraver le développement que prenaient les manufactures employant la nouvelle force motrice. On ne tarda pas à reconnaître que des données scientifiques sérieuses manquaient pour résoudre les difficultés complexes de la question, et il fut décidé que des expériences à ce sujet seraient entreprises sous les auspices de l'Académie; MM. Arago et Dulong furent chargés de les exécuter.

Dans un rapport qui fut adopté en 1829 par l'Académie, M. Dulong a exposé les résultats produits par les recherches qu'il a effectuées en collaboration avec son illustre ami et qui les occupèrent plusieurs années.

M. Arago a pris soin de dire, dans le texte que j'ai imprimé, le but des expériences et de décrire les appareils et les méthodes d'observation suivies. J'ai fait faire les dessins que j'ai publiés d'après les planches des Mémoires de l'Académie des sciences; j'avais d'ailleurs vu les diverses parties des appareils à l'Observatoire, où ils étaient conservés du vivant de mon vénéré maître.

Le rapport de M. Dulong ayant été critiqué en Angleterre, en 1839, très-peu de temps avant la mort de cet illustre physicien, et sans qu'il eût pu répondre à son antagoniste, M. Arago a regardé comme un devoir de défendre son ami et collaborateur contre les imputations

qui lui étaient adressées. La réponse de mon vénéré maître au membre de la Société des ingénieurs civils de Londres qui avait entrepris de diminuer l'importance du travail des savants français termine l'exposé que j'ai imprimé. Il est aujourd'hui bien établi que MM. Arago et Dulong ont été les premiers savants qui aient osé soumettre les gaz et les vapeurs à d'énormes pressions.

Après les Mémoires consacrés aux grandes expériences de physique générale auxquelles M. Arago a pris part, j'ai placé ceux qu'il a laissés sur l'astronomie théorique et pratique.

Tout le monde sait que le IVe volume de l'ouvrage célèbre intitulé *Base du système métrique*, renferme les observations et les mesures faites d'après l'ordre du Bureau des Longitudes par MM. Biot et Arago, de 1806 à 1808, pour achever le prolongement de la mesure de la méridienne de France, de Barcelone jusqu'aux îles Baléares, opération interrompue par la mort de Méchain.

On voit, par les nombreux détails donnés dans le compte rendu des observations que contient le IVe volume de la *Base du système métrique*, la part importante que M. Arago a prise dans ce travail, qui a fait si glorieusement honneur à l'astronomie française.

M. Biot revint en France lorsque les mesures spécialement ordonnées par le Bureau des Longitudes étaient terminées ; M. Arago resta seul pour exécuter des opérations géodésiques entre Formentera et Mayorque dans

le but d'obtenir la mesure d'un arc de parallèle sous cette latitude.

L'introduction du IVe volume de la *Base du système métrique* a été écrite par M. Biot; elle est suivie de la note suivante : « Ici se termine l'exposé de la partie des travaux primitivement ordonnés par le Bureau des Longitudes. M. Arago s'était proposé d'y joindre le détail particulier de ceux qu'il a exécutés seul pour la mesure de l'arc de parallèle compris entre Formentera et Mayorque...; il a jugé à propos de réserver cette partie historique pour servir d'introduction à l'exposé même de ses observations, qu'il destine au volume suivant. » Ce volume, qui devait être le Ve de la *Base du système métrique*, n'a pas été publié, mais le Mémoire que j'ai imprimé lui était destiné.

Tous les détails relatifs à la triangulation entre Formentera, Iviza et Mallorca (p. 71 à 93) ont été relevés dans les cahiers d'observations de M. Arago, où tous les calculs étaient effectués de sa main. Cette triangulation n'avait jamais été publiée.

Viennent ensuite divers documents relatifs à des communications faites, soit au Bureau des Longitudes, soit à l'Académie des sciences, en 1808, en 1836 et en 1841, sur le calcul de la vraie distance méridienne de Dunkerque à Formentera. Le livre XX de l'*Astronomie populaire* (tome III, pages 310 à 341) complète du reste cet exposé et donne la description des appareils employés et les résultats généraux obtenus.

On se rappelle que M. Arago ne revint en France de son opération à Mayorque et à Formentera qu'à travers

de grands périls et après une dangereuse captivité. Le récit s'en trouve dans l'*Histoire de ma jeunesse,* qui complète le Mémoire sur la mesure de la méridienne de France.

MM. Arago et Biot firent aussi à Formentera de nombreuses observations barométriques et prirent la mesure de la longueur du pendule à secondes par la méthode de Borda, mais avec des appareils un peu différents et qui sont de leur invention; la description en est donnée dans le livre XXIII de l'*Astronomie populaire* (tome IV, pages 50 à 59). Je dois seulement ajouter ici que les procès-verbaux des séances du Bureau des Longitudes mentionnent qu'avant son départ pour l'Espagne, le 16 août 1806, « M. Arago lut un Mémoire dans lequel il rendait compte de quelques erreurs auxquelles on est exposé dans la mesure du pendule invariable. » L'illustre astronome revint plus tard sur ce sujet; car, dans le procès-verbal de la séance du 17 juillet 1816 du Bureau des Longitudes, il est constaté qu'il présenta une Note sur le raccourcissement des fils dans l'observation du pendule. « En amenant, dit ce procès-verbal, d'après M. Arago, le plan dans l'appareil de Borda tangentiellement à la boule du pendule oscillant, il faut prendre garde de ne pas soulever cette boule, car le fil se raccourcit à l'instant et ne reprend pas sa longueur primitive lorsque le plan s'éloigne. »

Il ne m'a été remis ni manuscrits ni registres d'observations ou de mesures sur ces anciens travaux, non plus que sur quatre autres communications mentionnées en ces termes dans les mêmes procès-verbaux : « 11 no-

vembre 1818, latitude de Dunkerque ; — 25 novembre 1818, latitude de Barcelone ; — 7 novembre 1821, compte rendu des observations faites sur les côtes de France et d'Angleterre par MM. Arago et Mathieu ; — 23 octobre 1822, compte rendu des opérations faites entre Blanc-Nez et Dunkerque. » J'ai seulement trouvé le court résumé imprimé de la page 107 à la page 114, et qui termine le Mémoire sur la méridienne.

J'ai imprimé le Mémoire sur les cercles répétiteurs d'après le texte de la *Connaissance des Temps* de 1816 publiée en 1813 ; il s'y trouve consigné quelques observations faites pendant la mesure de la méridienne d'Espagne et le résumé d'un grand nombre d'observations exécutées postérieurement, et desquelles il résulte que pour éliminer toute cause d'erreur dans les déterminations des latitudes par les cercles répétiteurs, il faut observer des étoiles situées au nord et des étoiles situées au sud du zénith ; viennent ensuite des remarques intéressantes sur les anomalies que présentent les changements de forme et d'étendue des images des étoiles dans les instruments ; enfin le Mémoire est terminé par le compte rendu des séries d'expériences faites pour mesurer la latitude de Paris et les résultats des observations du Soleil.

Au commencement de 1853, l'illustre astronome est revenu sur ce sujet dans diverses communications faites à l'Académie des sciences, et dont les résumés, dictés à M. Goujon, forment les Notes « sur la latitude de Paris, sur l'application de la télégraphie électrique au

perfectionnement de la carte de France, sur l'emploi des cercles répétiteurs, des théodolites, des secteurs zénithaux, des lunettes zénithales, et sur les erreurs des observations » insérées de la page 138 à la page 148.

Le Mémoire sur l'attraction des montagnes est, à proprement parler, l'analyse critique d'un ouvrage dans lequel le baron de Zach pensait avoir démontré que le mont Mimet exerce sur le fil à plomb une action expliquant les erreurs constatées dans les observations de latitude aux environs de Marseille; j'ai imprimé ce Mémoire d'après le texte de la *Connaissance des Temps* pour 1819 publiée en 1816.

La Note sur les opérations géodésiques exécutées en Italie par les ingénieurs géographes français, principalement par M. Coraboeuf, et celle sur les observations du pendule faites par M. Sabine, pendant le premier voyage du capitaine Parry, dans le but de déterminer l'accélération du pendule entre Londres et l'île Melville, ont été publiées en 1824 dans la *Connaissance des Temps* pour 1827; elles complètent la série des écrits de M. Arago relatifs à la mesure de la Terre.

Le Mémoire sur les étoiles multiples est la première publication de M. Arago sur la constitution physique des corps célestes, sujet qu'il a éclairé de tant d'observations et de vues nouvelles; il a été imprimé en 1825 dans la *Connaissance des Temps* pour 1828. J'en ai reproduit le texte, quoique plus tard, en 1834, M. Arago ait inséré

également sur les étoiles multiples, dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, une Notice scientifique qui, augmentée de quelques pages écrites en 1842, puis revue et complétée en 1852, est devenue le livre X de l'*Astronomie populaire* (tome I, pages 447 à 494). On peut voir par la comparaison du Mémoire de 1825 et du texte de l'*Astronomie populaire* combien en trente ans la science s'est enrichie de notions positives sur les satellites d'étoiles et les divers systèmes stellaires, et quelle est la part qui revient à M. Arago dans ces brillantes conquêtes de l'astronomie moderne.

La Note sur la parallaxe de la 61[e] du Cygne rend compte des incertitudes que la détermination de la distance de cette étoile à la Terre, distance dont M. Arago s'est occupé en 1812, 1815, 1825, 1834, 1838 et 1852, doit laisser aux astronomes. Cette Note a été dictée en 1852; elle devra être rapprochée d'une autre Note de l'*Astronomie populaire* (tome I, page 444) qui montre avec quelle noble loyauté l'illustre savant reconnaissait une erreur. Il avait conquis le droit, en agissant ainsi, de ne pas laisser des faits mal observés s'introduire dans la science et de rejeter, par exemple, l'observation de l'étoile paraissant se mouvoir d'un mouvement propre sur laquelle on trouvera une Note à la page 429.

La Note sur l'invention du micromètre oculaire, publiée en 1820 dans les *Annales de chimie et de physique*, critique les prétentions qu'un membre de la Société astronomique de Londres, le D[r] Pearson, avait élevées sur

l'invention d'un micromètre composé de prismes de cristal de roche situés au dehors d'une lunette armée d'un grossissement variable; elle démontre que M. Pearson avait vu un pareil instrument en 1819 à l'Observatoire de Paris, entre les mains de M. Arago, qui du reste avait présenté un micromètre prismatique oculaire à grossissement variable au Bureau des Longitudes dès 1814. Cet instrument est décrit dans le livre XIV de l'*Astronomie populaire* (tome II, page 77), livre où se trouve fondu, comme je l'ai dit précédemment, un Mémoire préparé en 1816 et 1820 sur les micromètres.

Sous ce titre : *Sur quelques Instruments et Observations astronomiques*, j'ai réuni treize Notes relatives soit à des perfectionnements introduits par l'illustre directeur de l'Observatoire de Paris dans divers instruments astronomiques, soit à quelques observations remarquables, savoir : vérification du mural par un appareil de réflexion placé devant l'objectif de la lunette de cet instrument (1812); — moyen de tirer partie des fragments d'un bon objectif achromatique (1816); — emploi d'un prisme pour rendre plus faciles les observations des étoiles (1819); — emploi d'une tourmaline pour enlever du champ d'une lunette la lumière nuisible à l'observation des petites étoiles (1823); — nécessité d'éclairer également les microscopes le jour et la nuit pour rendre les observations comparables (1828); — emploi d'une lunette sans grossissement pour l'observation des satellites de Jupiter (1835); — éclairement des fils des micromètres par la lumière produite par un couple voltaïque

(1838); — évaluation de l'irradiation (1839); — erreurs causées par l'emploi des lunettes à court foyer (1840); — agrandissement des images des étoiles résultant d'un objectif réduit par un diaphragme (1840); — observation des étoiles doubles par un miroir mobile (1841); — inégalité des formes d'une image circulaire observée successivement par chacun des deux yeux (1844); — moyens d'éprouver une grande lunette (1844).

L'importance de toutes les questions si ingénieusement résolues par mon vénéré maître, et qui auraient pu donner lieu à de longs Mémoires de la part de beaucoup de savants, justifiera sans doute le soin que j'ai mis à faire le dépouillement de simples indications éparses dans diverses publications ou dans les procès-verbaux du Bureau des Longitudes ou de l'Académie des sciences.

C'est au même ordre de travaux que se rapportent les deux Notes présentées à l'Académie en 1847 sur l'éclairement des fils des réticules et des micromètres, puis sur la lumière électrique et sur le micromètre oculaire à double réfraction, que j'ai insérées à la suite des précédentes.

Afin d'avoir une histoire complète des travaux et des idées de M. Arago sur ce sujet, il faut d'ailleurs mentionner encore l'analyse critique du Traité de M. Brewster relatif aux instruments, analyse qu'il a publiée en 1814 dans le *Bulletin de la Société philomatique*, et une autre Note du même Bulletin sur une chambre obscure et un microscope périscopiques. J'ai imprimé ces deux documents aux pages 319 à 334 et 338.

Toutes les Notes que je viens de rappeler prouvent

avec quel zèle et quelle persévérance l'illustre directeur de l'*Observatoire* de Paris s'est toujours occupé des questions d'astronomie pratique. Parmi toutes ces questions, une des plus importantes et des plus difficiles est certainement celle des erreurs personnelles des observateurs.

Sur ce sujet délicat, M. Arago a jeté une vive lumière, d'abord dans un Rapport lu en 1842 à l'Académie sur deux Mémoires, l'un de M. Eugène Bouvard, l'autre de M. Victor Mauvais, relatifs à l'obliquité de l'écliptique, ensuite dans un Mémoire spécial lu en février 1853 et imprimé dans les *Comptes rendus* sous ce titre : « Moyen très-simple de s'affranchir des erreurs personnelles dans les observations des passages des astres au méridien. » J'ai eu soin, en réimprimant ces deux documents, de citer en notes au bas des pages trois extraits des séances du Bureau des Longitudes de 1810, de 1813 et 1818 prouvant, la première, que dans des observations faites en commun avec MM. de Humboldt et Mathieu pour déterminer la latitude de Paris, l'influence personnelle des observations avait été constatée par M. Arago; et les deux autres, qu'il avait expliqué, par la dispersion, les différences de l'obliquité aux solstices d'hiver et d'été, et qu'il avait appelé l'attention des astronomes sur la nécessité de tenir compte de l'influence exercée par les changements de température sur les distances focales des lunettes.

En 1813, M. Arago écrivit aussi dans un de ses registres une Note relative aux phénomènes de l'irradiation et aux apparences des images lumineuses, que j'ai imprimée à la page 335.

Le Mémoire inédit (pages 305 à 310) relatif à l'influence des lunettes sur les images, dicté par M. Arago en mai 1853, quatre mois avant sa mort, se rapporte encore aux erreurs d'observations, à l'influence des aberrations de sphéricité et de réfrangibilité, et de celle de l'irradiation et de l'intensité lumineuse, à l'action des diaphragmes sur la grandeur des images. Il s'y trouve consigné un grand nombre d'observations dont quelques-unes remontent jusqu'à 1810. On voit par là combien ce sujet l'avait longtemps préoccupé, et on comprend l'importance qu'il y attachait quand on considère le grand nombre de mesures dont il a enrichi l'astronomie sur la forme et les dimensions des astres dont notre système solaire est formé. Or, les mesures qu'il avait entreprises, et qu'il a conduites à terme avec une persévérance admirable, ne pouvaient acquérir toute leur valeur qu'après une discussion attentive de toutes les causes d'erreur qui étaient de nature à les affecter.

Le Mémoire sur Mars est le seul des Mémoires que M. Arago se proposait d'écrire sur les corps planétaires, dont il ait eu le temps d'achever la rédaction au point de vue de l'exposé général des méthodes d'observation et des conséquences à attendre de ce genre de recherches. Cet exposé a été dicté à la fin de 1852 et au commencement de 1853 à M. Goujon, puis communiqué à l'Académie des sciences le 31 janvier 1853; un résumé très-sommaire en a été donné dans le compte rendu de la séance. Les pages 245 à 265 sont conformes au ma-

nuscrit. Le dépouillement des registres ainsi que le calcul des observations m'ont été confiés; les résultats de mon travail remplissent les pages 266 à 304.

J'ai dû commencer par relever les observations relatives à la détermination du zéro de la division de l'échelle de la lunette prismatique de Rochon employée par M. Arago, afin de connaître le nombre dont il fallait corriger les mesures enregistrées.

J'ai fait ensuite les moyennes de chaque série d'observations, et, corrigeant le résultat de l'erreur du zéro, je l'ai inscrit dans la table que j'ai publiée avec les remarques mentionnées dans les registres, et qui étaient de nature à expliquer la valeur des observations qui ont été faites en 1811, 1813, 1814, 1815, 1817, 1837, 1845, 1847. Le calcul de l'aplatissement de Mars était dès lors facile à faire dans chaque cas particulier.

Pour déterminer la valeur des parties de l'échelle de la lunette et conclure des nombres contenus dans les registres les valeurs absolues des diamètres de Mars, M. Arago a exécuté la mesure directe de signaux de dimensions connues, placés sur la façade du Luxembourg et observés de l'Observatoire. Il a aussi exécuté une triangulation destinée à déterminer exactement la distance de l'Observatoire au Luxembourg; j'ai rapporté tous les détails de ces opérations. La valeur des parties de l'échelle étant obtenue, j'ai pu dresser enfin une table des grandeurs angulaires observées pour les diamètres de Mars pris dans différents sens.

Une autre série de mesures du diamètre polaire et du diamètre équatorial de la planète a été exécutée par

M. Arago en 1815 avec son micromètre oculaire à grossissement variable; j'en ai également relevé et calculé les résultats.

Enfin j'ai relevé avec soin toutes les observations consignées par M. Arago dans ses registres sur les taches que présente le disque de Mars, et j'ai fait faire les gravures des figures que plusieurs fois il avait dessinées lui-même immédiatement après ses observations.

Pour Mercure, Vénus, Jupiter et ses satellites, Saturne et son anneau, enfin Uranus, mon travail était désormais facile.

J'ai relevé avec soin toutes les Notes des registres concernant ces corps planétaires, j'ai fait les moyennes des observations corrigées de l'erreur du zéro, et enfin j'ai calculé les valeurs des diamètres d'après la valeur connue des parties de l'échelle. Cette portion de mon travail occupe les pages 342 à 428.

Les mesures de Mercure ont été faites pendant les passages de cette planète sur le Soleil en 1832 et 1848.

Les mesures des diamètres de Vénus ont été prises en 1810, 1812, 1813, 1814 et 1815.

M. Arago avait commencé en 1853 à dicter quelques Notes sur Jupiter, et il avait d'ailleurs communiqué une partie des résultats qu'il avait obtenus sur les éclats relatifs de la planète et de ses satellites au Bureau des Longitudes en 1820, 1842 et 1843. Pour les bandes, j'ai fait graver les figures que l'illustre astronome avait lui-même dessinées. Les mesures que j'ai trouvées dans les registres et que j'ai calculées se rapportent à 1810,

1811, 1812, 1813, 1814, 1815, 1817, 1819, 1820, 1835, 1837, 1842. Plusieurs des notes qui accompagnent les résultats des mesures sont très-détaillées.

Les mesures de Saturne et de son anneau sont précédées de Notes historiques écrites sur un des registres d'observations, de détails communiqués au Bureau des Longitudes ou à l'Académie des sciences en 1814, 1833, 1840 et 1842, de remarques sur la visibilité des satellites datant de 1840, enfin d'une Note dictée en 1851 sur les effets singuliers produits par l'aspect de l'étrange planète sur des personnes non habituées aux observations. Les mesures ont été prises en 1810, 1811, 1812, 1813, 1814, 1815, 1817, 1822, 1823, 1824, 1828, 1833, 1842, 1847. Quelques figures ont aussi été gravées d'après les croquis de M. Arago.

Sur Uranus, l'illustre astronome n'a fait que quelques observations en 1814.

Les mesures micrométriques dues à M. Arago et relatives aux six principales planètes, dont le tome IIe des *Mémoires scientifiques* présente, comme on vient de le voir, l'ensemble et les détails, sont au nombre de plus de 3,000; elles étaient restées complétement inédites; seulement, Laplace, dans la cinquième édition de l'*Exposition du système du monde* (1824), a publié les résultats suivants comme lui ayant été donnés par M. Arago : « Le diamètre moyen apparent de Vénus (page 34) serait de 31″.30; le diamètre polaire de Mars serait au diamètre équatorial dans le rapport de 189 à 194 (page 36); le diamètre de Jupiter dans le sens des pôles est à celui de son équateur, à fort peu près, dans le rapport

de 167 à 177 (page 38); le diamètre apparent de l'anneau de Saturne est égal à 71″.15, sa largeur apparente est de 10″.71. » Dans les différents livres de l'*Astronomie populaire* consacrés aux planètes, on trouve d'ailleurs un historique de tous les travaux antérieurs à ceux de l'illustre directeur de l'Observatoire et des développements sur la constitution physique de ces astres.

M. Arago a commencé à s'occuper de l'étude des taches du Soleil en 1816; il a publié alors dans le tome III des *Annales de chimie et de physique* des considérations relatives à leur nature, à leur fréquence, à leur influence possible sur les météores terrestres; j'ai reproduit textuellement ces considérations, et je les ai fait suivre des catalogues des taches solaires observées à Paris, que l'illustre astronome publia annuellement pendant neuf ans (1822 à 1830) dans les *Annales de chimie et de physique;* j'ai terminé par la réimpression du rapport fait en 1845 à l'Académie des sciences sur le Mémoire de M. Laugier relatif aux conséquences que l'observation des taches permet de tirer pour la détermination exacte de la rotation du Soleil. Dans la Notice sur Herschel, publiée en 1842 dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, M. Arago est entré dans de grands détails historiques et critiques sur ce sujet; mais ces détails ont été intégralement extraits de cette Notice pour être introduits à leur place soit dans le livre XIV de l'*Astronomie populaire*, soit dans la Notice sur Galilée insérée dans le tome III des *Notices biographiques*.

Les premiers travaux de M. Arago sur les comètes datent de 1805; ils se rapportent à une comète dont il avait alors calculé les éléments; il eut la bonne fortune, en 1819, de faire remarquer la ressemblance des éléments de cet astre avec ceux de la comète découverte par Pons à Marseille en 1818. Cette comète était périodique; elle a porté depuis le nom de comète d'Encke. M. Arago a publié à son sujet, de 1819 à 1823, dans les *Annales de chimie et de physique*, diverses Notes; je les ai reproduites sous le numéro I dans les pages où j'ai réuni la partie des recherches et des écrits de mon vénéré maître sur les comètes qui n'ont pas pris place dans l'*Astronomie populaire*.

J'ai placé sous le numéro II, et par ordre de date, les Notes successives que M. Arago a insérées soit dans les *Annales de chimie et de physique*, soit dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, soit enfin dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, sur la comète de 1759 ou de Halley; ces Notes ont été écrites en 1818 et 1834 pour ce qui concerne les calculs du retour de cet astre dans le dix-neuvième siècle, retour arrivé en 1835; elles datent de 1835 et de 1836 pour tout ce qui est relatif à la vérification des théories que l'observation directe permit de faire et à la découverte des changements physiques que M. Arago constata le premier dans la constitution de la tête de la comète.

La Note numéro III sur la chaleur des comètes et la nature de leur queue, avait paru en 1816 dans les *Annales de chimie et de physique;* celle numéro IV sur la direction habituelle des queues cométaires, avait été imprimée en 1843

dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences.*

C'est en 1819, pendant l'apparition de la comète brillante qui pendant cette année occupa si fortement tous les astronomes et le public, que M. Arago fit pour la première fois usage de la polarisation dans le but d'analyser la lumière des astres chevelus. Ses observations furent consignées en 1820 dans les *Annales de chimie et de physique*. Il a revu sa rédaction en 1852 et y a ajouté un extrait d'une Note historique publiée par M. de Humboldt dans le tome Ier du *Cosmos*. L'illustre astronome discute particulièrement la question de savoir si l'on a observé la comète pendant qu'elle s'est projetée sur le Soleil et si son noyau était diaphane; il réfute aussi l'opinion que la queue de cette comète ait pénétré dans l'atmosphère terrestre et que le brouillard de 1783 ait été dû au passage d'un corps cométaire dans le voisinage de la Terre. Enfin la Note sur la brillante comète de 1819 se termine par la discussion d'une prétendue observation de phases que l'astre aurait présentées; cette discussion avait été publiée en 1820 dans les *Annales de chimie et de physique*. Je ne dois pas manquer de rappeler que, sur tous ces sujets, M. Arago est revenu avec plus de détails dans le livre XVII de l'*Astronomie populaire*.

Les Notes VI à XIII relatives aux comètes de 1816, 1822, 1823, 1824, 1840, 1842, à la grande comète de 1843, enfin au dédoublement de la comète de six ans trois quarts, dite de Gambart ou de Biela, sont extraites des *Annales de chimie et de physique* ou des *Comptes rendus de l'Académie des sciences;* elles ont été écrites

immédiatement après que les observations qu'elles décrivent étaient effectuées. Elles complètent les travaux de l'illustre directeur de l'Observatoire de Paris sur les comètes. Quant à la Notice insérée dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1832, elle a été refondue entièrement dans l'*Astronomie populaire* et profondément modifiée; je n'ai pas dû la reproduire dans son premier état.

Pour les étoiles filantes, comme pour les comètes, j'ai réuni par ordre de date toutes les Notes de M. Arago qui n'avaient pas été insérées dans le livre XXVI de l'*Astronomie populaire* consacré aux météores cosmiques. Ces Notes sont principalement relatives à quelques météores remarquables observés à Worthing et à Cambridge en 1818; à des apparitions de bolides constatées à Richemond, à Rhodes, en diverses villes de France et d'Angleterre, à la Martinique, en 1822; à des phénomènes vus en diverses villes d'Europe, en 1814 et 1825; à des météores lumineux aperçus sur le disque du Soleil et pendant une éclipse en 1825; aux étoiles filantes périodiques du mois de novembre et à celles du mois d'août, observées en 1836 et 1837. Toutes ces Notes avaient été publiées dans les *Annales de chimie et de physique* ou dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences;* elles sont complétées par un rapport fait en 1847 à l'Académie par l'illustre astronome sur un Mémoire de M. Édouard Biot concernant les étoiles filantes et les bolides observés en Chine à des époques reculées.

M. Arago s'est attaché avec insistance à montrer l'im-

portance des météores cosmiques dans le système du monde. La plupart des astronomes, même les plus illustres et les plus hardis dans leurs conceptions sur la constitution de l'univers, avaient méconnu le rôle que les météores y jouent et les considéraient comme trop exclusivement terrestres.

Après les travaux de mon vénéré maître relatifs à l'astronomie, j'ai placé ses recherches sur diverses questions de physique qui n'avaient pas pris place dans d'autres parties de ses œuvres.

Je savais qu'il avait fait, entre 1819 et 1830, de nombreuses observations thermométriques dans le but de déterminer les variations diurnes et annuelles de la température dans les couches du sol les plus voisines de la surface; j'avais même eu entre les mains le registre dans lequel ces observations étaient inscrites.

D'ailleurs, dans l'analyse de la séance de l'Académie des sciences du 15 août 1825, publiée dans le tome XXX des *Annales de chimie et de physique*, on lit ces lignes: « M. Arago communique des observations qu'il a faites, durant les dernières chaleurs, avec des thermomètres diversement enfoncés dans le sol du jardin de l'Observatoire royal. »

L'illustre physicien voulait, avant de publier ses observations, les faire corriger par le calcul d'une erreur dépendant de ce que les réservoirs et les tiges des instruments ne se trouvaient pas dans les mêmes conditions thermales.

Je n'ai pu retrouver le registre contenant toute cette

série de recherches de l'illustre physicien, et j'ai dû me borner à publier un extrait de la *Théorie mathématique de la chaleur* de Poisson, à qui M. Arago avait communiqué quelques-uns des résultats qu'il avait obtenus. J'ai fait suivre cet extrait d'une Note historique sur la question, note publiée par M. Arago en 1818 dans les *Annales de chimie et de physique*.

On connaît l'importance que présente, dans la théorie du magnétisme terrestre, l'étude de la forme et du déplacement de l'équateur magnétique. Le rapport fait en 1831 par M. Arago sur le Mémoire de M. Morlet relatif à cette ligne complète les diverses discussions que contiennent sur le même sujet la Notice consacrée au magnétisme terrestre (tome IV des *Œuvres*, page 514), et le rapport si intéressant auquel a donné lieu le beau voyage de M. Duperrey (tome IX des *Œuvres*, pages 187 à 196).

Les physiciens n'ignoraient pas que M. Arago avait fait des observations journalières sur l'électricité atmosphérique, mais rien n'avait été publié sur les résultats qu'il avait obtenus. J'ai dépouillé le registre qui contenait les observations et j'en ai présenté le résumé. Ces observations étaient au nombre de près de 3,000 et avaient été faites en 1829, 1830 et 1837. Leur discussion a fourni des renseignements intéressants tant sur la nature de l'électricité la plus habituelle de l'atmosphère que sur l'intensité et les variations du phénomène.

J'ai fait suivre cette étude de l'électricité atmosphé-

rique de quelques Notes qui complètent les documents contenus dans le premier volume des *Notices scientifiques* (tome IV des *Œuvres*) entièrement consacré, comme on l'a vu, à l'électricité et au magnétisme.

Les douze premières Notes étaient restées inédites ; le manuscrit en est de la main de M. Arago ; elles décrivent ou indiquent divers phénomènes peu connus ou mal observés qu'il y aurait lieu de soumettre à un examen plus rigoureux.

Les Notes XIII, XIV, XV et XVI avaient été publiées en 1824 et 1826 dans les *Annales de chimie et de physique;* elles sont relatives à des accidents singuliers produits par la foudre ou au phénomène de la grêle que ne peuvent prévenir des perches plantées dans les champs.

La Note XVII était restée inédite ; elle a été écrite en 1851 ; elle résume les faits découverts par l'illustre physicien en ce qui concerne la nature électrique des aurores boréales et leur relation avec les phénomènes du magnétisme terrestre.

Enfin la Note XVIII, publiée en 1822 dans les *Annales de chimie et de physique*, démontre que les brouillards secs, n'exerçant aucune action sur l'aiguille aimantée, n'ont pas de connexion avec les aurores boréales.

Je dois ajouter, pour ne rien laisser dans l'oubli, que M. Arago, dans ses premières recherches sur l'aimantation, avait fait des expériences dans lesquelles il avait reconnu que les décharges électriques aimantent le fer ou l'acier en transmettant leur action à travers le bois, le verre et les autres substances isolantes, sans éprouver de changement sensible dans leur énergie. Après la dé-

couverte de l'influence que dans l'état de mouvement, toutes les substances, mais surtout les métaux, exercent sur l'aiguille aimantée, M. Savary reprit, avec l'assentiment de l'illustre directeur de l'Observatoire, l'examen de la question, et reconnut que certaines épaisseurs métalliques empêchaient l'action des décharges électriques de se transmettre à des aiguilles d'acier placées au centre de cylindres de cuivre, d'étain, d'argent, etc. Ce complément des recherches de mon vénéré maître n'a pas encore été terminé. Il reste à faire plus d'une découverte dans cette branche de la science, dont on lui doit la féconde création.

Sous le titre de *Sur quelques phénomènes curieux*, j'ai réuni plusieurs Notes éparses, publiées de 1820 à 1828 dans les *Annales de chimie et de physique*, sur certains états de l'air relatifs soit à des faits d'électricité, soit à des faits de sonorité qui auraient besoin d'être observés avec attention, sur la forme des nuages, sur des bruits souterrains, sur un singulier phénomène de végétation, sur une tempête extraordinaire.

Le Mémoire sur les dépressions de l'horizon de la mer avait paru en 1824 dans la *Connaissance des Temps* pour 1827; je l'ai réimprimé sans aucun changement; il conclut que le seul moyen d'arriver à une grande précision dans les mesures des hauteurs à la mer, est de rapporter les astres à deux points opposés de l'horizon.

Les huit Notes réunies sous ce titre commun *Sur divers phénomènes d'optique*, se rapportent à des météores lumineux que M. Arago a eu l'occasion d'observer ou de signaler sans en poursuivre assidûment l'étude. A l'exception de la note numéro II sur un *antisoleil*, d'une partie de la note numéro IV sur des arcs-en-ciel extraordinaires, de quelques parties de la note numéro V sur les dimensions des halos solaires et lunaires, de la note VI sur le nombre des couleurs primitives, elles avaient été publiées dans les *Annales de chimie et de physique* ou les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*. J'ai extrait les notes restées inédites des registres d'observations de mon vénéré maître.

A peine entré à l'Observatoire de Paris, à sa sortie de l'École polytechnique, M. Arago devint le collaborateur de M. Biot pour un travail expérimental sur la réfraction des gaz, qui fut présenté au Bureau des longitudes le 6 décembre 1805. Le Mémoire rendant compte des recherches faites en commun par les deux physiciens, fut rédigé par M. Biot et lu le 26 mars 1806 à la Classe des sciences mathématiques et physiques de l'Institut sous le titre de *Mémoire sur les affinités des corps pour la lumière et particulièrement sur les forces réfringentes des différents gaz*.

Ce Mémoire débutait par une détermination, plus exacte qu'on ne l'avait encore eue jusqu'alors, du rapport du poids de l'air au poids du mercure, ce qui a fourni une valeur directe du coefficient de la formule barométrique servant au calcul des hauteurs.

En 1852, M. Arago a voulu reviser ses recherches anciennes, et il a dicté à M. Goujon et à moi un Mémoire que l'on peut regarder comme nouveau.

Le Mémoire rédigé par M. Biot est d'abord analysé; viennent ensuite des détails sur des expériences entreprises en commun avec M. Alexis Petit et exécutées en 1813 sur l'oxyde de carbone, le gaz des marais, le gaz oléfiant, l'hydrogène sulfuré, les vapeurs de sulfure de carbone, d'éther muriatique et d'éther sulfurique, le cyanogène.

Le Mémoire sur les puissances réfractives et dispersives des liquides et de leurs vapeurs, dont j'ai fait l'histoire précédemment (page CLXXVI), est aussi le fruit de cette collaboration de M. Arago et de M. Petit, son beau-frère.

La détermination des indices de réfraction par la méthode des interférences occupa activement M. Arago vers le même temps; les recherches qu'il a entreprises à ce sujet sont en partie analysées dans un Mémoire déjà cité et dans une note de Fresnel extraite de la chimie de Thompson, mais j'ai dû ne pas laisser inédites diverses Notes écrites en 1816, 1817 et 1818, dont le manuscrit est de la main de M. Arago et qui rendent compte des expériences alors exécutées par mon vénéré maître.

Une Note, dictée en 1852, expose ensuite les conséquences des anciennes expériences exécutées sur l'air sec et sur l'air humide, indique comment l'appareil de l'illustre physicien pourrait servir de baromètre et de thermomètre, explique les modifications imaginées pour vérifier les premiers résultats avec un appareil de grandes dimensions muni d'un compensateur, donne enfin un

extrait des recherches que M. Fizeau voulut bien entreprendre pour remplacer mon vénéré maître, alors privé de la vue et condamné à demander à d'autres physiciens de poursuivre ses expériences. Le Mémoire remis à M. Arago par M. Fizeau était resté inédit.

M. Arago n'a pas eu le temps de rédiger le compte rendu de ses expériences sur les pouvoirs dispersifs qui termine le second volume des Mémoires scientifiques; j'ai dû placer seulement les unes à la suite des autres les Notes qu'il avait préparées ou que j'ai extraites de ses registres.

Les quatre premières pages ont été publiées en 1836 à propos d'une discussion qu'il eut avec M. Cauchy, lequel soutenait que les gaz ne dispersent pas la lumière.

J'ai placé ensuite des Notes relatives à des expériences faites en 1811, 1812 et 1813 sur la dispersion de la lumière de la Lune et de celle du Soleil par l'atmosphère terrestre, dispersion mesurée par la détermination de l'heure à laquelle l'interposition de prismes de verre commun suffit pour achromatiser les couleurs produites par l'air.

Une autre méthode, fondée sur le principe du diasporamètre de Rochon, a encore été appliquée par l'illustre astronome tant à la mesure du pouvoir dispersif de l'air qu'à celle du pouvoir dispersif de la vapeur du sulfure de carbone, du cyanogène et de l'hydrogène sulfuré. J'ai rapporté les résultats que j'ai pu tirer des registres d'observations.

On voit, d'après ces détails et d'après ceux que j'ai déjà donnés précédemment sur les méthodes complétement nouvelles dues à M. Arago pour la détermination des pouvoirs dispersifs comparatifs de toutes les substances, combien cette branche de la science est redevable à l'illustre physicien.

VIII. — Les Mélanges.

Le volume des *Mélanges* (tome XII des *Œuvres*) ne se compose pas des écrits de M. Arago qui n'auraient pu trouver place dans les autres parties de ses œuvres; à la rigueur toutes les pièces que j'y ai insérées auraient pu entrer dans les *Mémoires* ou dans les *Notices scientifiques*. Mais il y avait un certain intérêt à présenter sous un aspect particulier le talent et le caractère de l'illustre savant. Après l'astronome profond, le physicien inventeur, le secrétaire perpétuel auteur d'un genre de biographies tout nouveau, le vulgarisateur éloquent des questions de science les plus ardues, il fallait encore montrer l'académicien sévère dans l'accomplissement de ses devoirs comme rapporteur des commissions nombreuses dont il a été appelé à faire partie, le savant apte à aborder, à discuter et à résoudre les questions les plus diverses, l'esprit le plus ardent et le plus vif à la réplique dans les polémiques; il fallait enfin faire connaître l'homme ardent à faire triompher la vérité, à protéger les débuts des jeunes hommes montrant des dispositions pour les sciences, à

empêcher les découragements, à faire obtenir à tous les justes récompenses de leurs travaux.

Pour atteindre complétement mon but, il eût fallu peut-être publier la correspondance entretenue par l'illustre astronome avec presque tous les savants célèbres qui ont répandu une si grande gloire sur la première partie du XIXe siècle. Mais une telle entreprise est trop délicate pour être exécutée d'une manière utile et digne sans attendre que de longues années s'écoulent. Se borner à un très-petit nombre de documents suffisants pour faire connaître et l'homme et l'écrivain, m'a paru être le seul parti convenable à prendre.

Tous les grands hommes ont eu à soutenir des luttes contre leurs contemporains. M. Arago plus que tout autre devait passer par cette phase d'amertume et de trouble. Sa renommée était immense, comme sa popularité. Il portait ombrage à une foule de médiocrités. A une haute position scientifique conquise par de brillantes découvertes et par un labeur assidu, il joignait une influence politique considérable. Il n'en faut pas tant pour exciter des haines et des clameurs. Vers 1839, les zoïles s'attroupèrent et voulurent démontrer que l'illustre directeur de l'Observatoire n'avait absolument rien produit d'original, que sa réputation de savant était usurpée. Ils remplirent plusieurs journaux de leurs diatribes. Ils trouvèrent enfin des complices ou des complaisants jusque dans le monde vraiment savant, jusque sur les fauteuils de l'Académie des sciences. La lecture de tous ces pamphlets à plus de vingt ans de distance laisse dans l'esprit

l'idée certaine de la profonde confusion que le temps à dû infliger à leurs auteurs.

Cependant l'illustre savant voulut répondre ; la lettre à M. de Humboldt est le cri éloquent de protestation qu'il fit entendre. J'ai inséré cette lettre, publiée en 1840 et sous forme de brochure, en tête du volume des *Mélanges*, en y ajoutant seulement les deux Notes des pages 4, 5 et 40, qui complètent le texte ; l'une, qui est relative à la mesure de la méridienne, est extraite du compte rendu de la séance de l'Académie des sciences du 30 mars 1840 ; la seconde, qui concerne la découverte de mon vénéré maître sur la polarisation de la lumière des corps incandescents, est un passage de l'éloge de William Herschel prononcé en 1824 par Fourier.

La Note sur M. le baron de Zach et sa correspondance astronomique est une réponse à une série d'attaques que M. de Zach écrivait à Gênes contre tous les astronomes, mais principalement contre les astronomes français : Laplace, Delambre, Bouguer et d'autres savants moins illustres n'étaient pas épargnés ; chose triste à dire, ces diatribes ne restaient pas sans écho. M. Arago en fit justice en 1821, dans deux articles des *Annales de chimie et de physique*, que j'ai reproduits simplement à la suite l'un de l'autre.

Appelé souvent à composer des biographies, à rechercher les véritables auteurs de grandes découvertes ou de faits d'un ordre secondaire, à mettre les inventeurs à leur rang, à lutter contre des prétentions injustes

d'amour-propre individuel ou national, l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie chercha quelles devaient être les règles de conduite d'un historien des sciences. Il posa quelques principes à cet égard dans une note de la Notice de 1842 sur Herschel, à propos de la part à faire à Galilée dans l'étude des taches solaires. Plus tard, dans le sein de l'Académie, il a blâmé l'abus que l'on fait des paquets cachetés et la portée trop grande qu'on serait tenté de leur attribuer dans les questions d'antériorité. La publicité, surtout par voie d'impression, lui semblait le meilleur moyen de prendre date d'une manière certaine.

Les cinq pages sur la prise de possession des découvertes scientifiques que contient le volume des *Mélanges*, réunissent toutes les opinions de l'illustre auteur sur cette matière délicate; il les a relues et corrigées en 1852.

La Note sur les chronomètres et les pendules rappelle la part importante qui revient aux horlogers français dans l'invention de tous les instruments employés à la mesure du temps; elle se compose de deux parties, publiées: l'une, en 1819, dans les *Annales de chimie et de physique;* l'autre, en 1824, dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes;* elles rendent particulièrement justice à la perfection des appareils construits par M. Breguet.

Les sept Rapports insérés ensuite sont relatifs à des questions de géodésie ou à des instruments de physique; ils ont été faits à l'Académie en 1810, 1816, 1818,

1821, 1828 et 1839; à l'exception de celui sur le baromètre de Bunten, ils étaient restés inédits.

La courte Notice sur les hygromètres se compose de trois parties.

La première partie a été écrite en 1818; l'illustre savant, voulant faire rendre à Leroy l'honneur de l'invention de l'hygromètre par précipitation que, dans un article de la *Bibliothèque universelle de Genève*, on avait attribuée à Dalton, écrivit une lettre dans les *Annales de chimie et de physique*, qu'il signa *un abonné*.

La seconde partie de la Notice a été écrite en 1841, après la mort de Savary, pour faire connaître l'application que ce physicien avait faite d'un thermomètre métallique très-sensible à l'hygromètre par précipitation.

La troisième partie est le résumé resté jusqu'alors inédit des observations hygrométriques faites, pendant quinze ans (1816 à 1830), à l'Observatoire de Paris sous la direction de M. Arago.

Les huit Rapports qui suivent ont été lus à l'Académie en 1811, 1812, 1813, 1816, 1818, 1821, 1822 et 1826; tous ils étaient restés inédits; le principal est relatif aux aréomètres pèse-liqueurs; il donne des détails intéressants sur l'alcoomètre de M. Gay-Lussac.

J'ai placé les uns à la suite des autres trois extraits des *Comptes rendus de l'Académie des sciences* pour 1843 et 1844, sur le galactoscope de M. Donné, en rap-

pelant les circonstances dans lesquelles M. Arago a cru devoir faire la critique de cet instrument.

La Note sur l'emploi de la gélatine dans un hôpital de Metz expose une observation faite par l'illustre physicien. Il a cru devoir publier cette observation en 1838 dans les *Comptes rendus de l'Académie*, malgré l'opposition qu'y faisaient plusieurs membres de la savante société, parce qu'il a toujours pensé qu'on avait été trop loin en combattant les opinions de M. d'Arcet sur les propriétés alimentaires de la gélatine, quelque exagérées qu'elles fussent d'ailleurs en ce qui concerne l'usage exclusif de cette substance.

Les Notes sur la formation des dolomies (1835), sur une grosse masse de cuivre natif de dimensions extraordinaires (1836), sur une incrustation calcaire d'apparence nacrée (même année), sur la formation de l'île Julia (1837), sur les cartes de l'île de Ténériffe de M. Léopold de Buch et de MM. Webb et Berthelot (même année), ont été simplement extraites des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*.

La Note sur le dégagement du grisou est le résumé de deux communications faites en 1836 à l'Académie; elle a eu principalement pour but de signaler aux propriétaires de mines l'observation des relations qui, selon quelques ingénieurs, pourraient exister entre les fluctuations de la pression atmosphérique et le plus ou moins de facilité de l'écoulement du gaz des houillères.

Les deux Notes sur sir Humphry Davy (1817) et sur M. Melloni (1837) montrent toute la sollicitude de M. Arago pour faire rendre justice aux savants qui, à l'étranger, s'étaient illustrés par des découvertes.

J'eusse dû rapprocher des nombreuses observations relatives à la température de l'intérieur de la Terre et des sources thermales que rapporte la Notice sur les puits forés (tome III des *Notices scientifiques*, tome VI des *Œuvres*, pages 316 à 399) le rapport fait par M. Arago, en 1835, sur un Mémoire de M. Legrand, démontrant la presque invariabilité des températures des sources thermales des Pyrénées. J'ai réparé ma faute, en insérant ce Rapport dans les *Mélanges*.

M. Arago a publié en 1825 dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* une table des pressions et des températures auxquelles diverses substances gazeuses se liquéfient, et, en 1835, dans les *Comptes rendus de l'Académie*, une autre table sur les dilatations des corps solides; j'ai reproduit ces deux tables avec les remarques qui les accompagnaient.

En 1838, après la mort de M. Dulong, M. Arago s'occupa de la publication des travaux que cet habile physicien avait pu laisser inédits. La Note que j'ai publiée sur ce sujet est la réunion de deux communications faites à l'Académie des sciences dans le but de faire connaître diverses lois dont son illustre ami avait enrichi la science sur les chaleurs spécifiques des gaz et sur les quantités

de chaleur dégagées dans les combinaisons chimiques.

La Note sur la relation qui existe entre le degré d'ébullition de l'eau et la pression que supporte le liquide était restée inédite; je l'ai extraite d'un registre d'observations où M. Arago l'avait consignée après la lecture qu'il venait de faire des Mémoires de l'Académie de Berlin pour 1782.

Les Notes sur le pont suspendu de Fribourg (1835), sur la préservation des métaux (1836), sur l'explosion qui a eu lieu en 1794 à la poudrière de Grenelle (1839), sont extraites des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*.

La Note sur les éboulements qui se sont produits en 1818 dans le département de la Meurthe avait été insérée dans les *Annales de chimie et de physique;* elle montre comment des terrains considérables placés sur des bancs argileux inclinés peuvent glisser à la suite de pluies abondantes. Depuis cette époque beaucoup de faits semblables ont été observés.

De 1817 à 1830, M. Arago a publié chaque année, dans les *Annales de chimie et de physique*, des catalogues des éruptions volcaniques et de tous les tremblements de terre sur lesquels il parvenait à obtenir des renseignements positifs. Plus tard, il prit soin que les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* continssent sur ce sujet tous les renseignements utiles. J'ai été chargé de

réunir tous ces recensements partiels en les complétant par des notes inédites qu'il me remit; j'ai relu l'ensemble de mon travail à mon vénéré maître en 1852; il a alors dicté quelques lignes d'introduction et une conclusion approbative des recherches de M. Alexis Perrey sur la relation qui peut exister entre la fréquence des tremblements de terre et les positions de la Lune, tant dans son orbite que dans les méridiens terrestres des lieux où les phénomènes volcaniques se manifestent.

La Note sur les observations météorologiques publiées dans la *Bibliothèque universelle de Genève* a paru en 1818 dans les *Annales de chimie et de physique;* elle répond vivement à des attaques de la Revue genevoise contre plusieurs savants français et discute d'une manière intéressante le plan sur lequel les observations barométriques doivent être établies.

Les vents qui règnent dans l'atmosphère terrestre en agitent le plus souvent le fond d'une manière utile à tous les êtres qui habitent la surface de notre planète, et surtout d'une façon profitable à l'homme; mais malheureusement aussi, dans trop de circonstances inopinées, ils agissent avec une désolante violence. L'étude d'une question aussi importante ne pouvait pas ne pas être l'objet des méditations d'un savant qui, comme on l'a vu, s'était adonné aux observations météorologiques avec tant de dévouement et de sagacité. J'ai groupé, sous le titre commun : *vents, ouragans et trombes,* tous les écrits que mon vénéré maître a composés pour expliquer les

causes et les effets de phénomènes liés tout au moins entre eux par le milieu au sein duquel ils se produisent.

Dès 1818 M. Arago publia dans les *Annales de chimie de physique* une Note sur la direction dans laquelle se propagent quelquefois les ouragans, à l'occasion d'affreuses tempêtes du nord-est observées en Amérique. Cette Note est comme le premier chapitre de cette Notice scientifique composée par le simple rapprochement de documents épars.

La seconde Note est relative à la théorie des *tornados* ou trombes qui se font sentir sur un espace considérable tout en présentant un centre vers lequel les vents paraissent avoir des directions ou convergentes ou divergentes. Un physicien américain, M. Espy, ayant soumis en 1838 à l'Académie des sciences une explication de ce phénomène basée sur un grand nombre d'observations, M. Arago rappela les diverses opinions émises précédemment à ce sujet. En 1841 un rapport fut fait par M. Babinet sur les travaux de M. Espy, et en 1843 et 1844 le savant américain envoya de nouvelles communications qui furent analysées par l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie.

Sous le numéro III sont réunies deux Notes sur le contre-courant des vents alizés insérées en 1818 et 1819 dans les *Annales de chimie et de physique*.

La description de l'ouragan qui a dévasté la Guadeloupe le 26 juillet 1825, placée sous le numéro IV, a été insérée en 1826 dans le même recueil que la Note précédente; il en est encore ainsi de la première partie de la Note numéro V sur les transports de poussières à de grandes distances par les vents régnant en mer le long

des côtes d'Afrique. La seconde partie de cette Note rapporte un phénomène du même genre observé sur les côtes d'Algérie en 1846 par M. Leps dont le Mémoire a été inséré en 1847 dans les *Annales de chimie et de physique;* M. Arago avait fait un extrait de ce travail exécuté conformément aux instructions qu'il avait lui-même rédigées pour les expéditions scientifiques, ainsi qu'il a été dit plus haut.

La Note numéro VI sur les trombes de terre est la réunion des descriptions données par M. Arago sur divers phénomènes de ce genre observés en 1822, 1823, 1826, 1827, 1829, 1830, 1835, 1839, 1841, 1842 et 1845; ces descriptions avaient été publiées soit dans les résumés météorologiques annuels des *Annales de chimie et de physique,* soit dans les comptes rendus de l'Académie des sciences; il n'y a été fait en 1852 que de légers changements de rédaction.

C'est encore des *Annales* que j'ai extrait les Notes VII et VIII sur les trombes de mer et les vents qui accompagnent les pluies d'orage; elles sont le simple complément des précédentes et remontent aux mêmes époques.

Les différentes Notes que j'ai réunies sous la direction de mon vénéré maître, pour constituer la Notice sur la pression atmosphérique, donnent l'ensemble de travaux qui ont occupé M. Arago pendant toute sa vie scientifique.

Déjà, pendant son séjour à Formentera, en 1807 et 1808, on l'a vu précédemment, il faisait des observations barométriques qui peuvent servir à la fois à la

détermination de la pression moyenne dans les îles de la Méditerranée, à l'appréciation des variations diurnes, et à des mesures de hauteur.

En 1814, dans le *Bulletin de la Société philomatique*, il publiait une Note sur les observations faites par Ramond, à Clermont-Ferrand, et les comparait à celles de Paris et de Strasbourg.

En 1816, il faisait commencer à Paris, sur un plan nouveau et mûrement discuté, une série d'observations quotidiennes qui ont été poursuivies sous sa direction jusqu'au delà de 1852, et dont les détails ont été constamment publiés chaque mois dans les *Annales de chimie et de physique;* souvent, en outre, du moins entre 1816 et 1830, des Notes explicatives y ont été jointes. En 1824, il inventait un moyen ingénieux pour exécuter des baromètres étalons pour les observations, ou des baromètres portatifs à l'usage des voyageurs ; ce moyen est basé sur la diminution facultative de l'espace vide nommé chambre barométrique ; il permet une grande précision dans les observations en rendant d'ailleurs l'instrument très-solide.

M. Arago a encore découvert, en 1824, que la période barométrique s'amoindrit, abstraction faite du changement de latitude, dans certaines localités voisines de la mer, comme la Chapelle, près de Dieppe, et Marseille, et qu'elle est nulle au Saint-Bernard.

Les plus grands écarts des oscillations barométriques, à Paris et dans d'autres villes, les réductions des mesures barométriques au niveau de la mer, l'influence du vent dans les différentes directions sur la pression atmosphé-

rique, furent aussi des questions qu'il approfondit ou résolut.

Tous les travaux que je viens de résumer sont réunis dans les 47 pages qui forment la Notice sur la pression atmosphérique ; j'ai exécuté tous les calculs dont les résultats s'y trouvent présentés.

Le phénomène de la pluie a été étudié par M. Arago avec la même persévérance que tous les autres météores importants qui exercent une influence plus ou moins considérable sur la vie à la surface du globe terrestre. Ainsi qu'il le dit lui-même, il lui a consacré une partie du temps qu'il lui a été permis, dans sa laborieuse carrière, de donner à la météorologie.

Soit dans les *Annuaires du Bureau des Longitudes*, soit dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, soit surtout dans les *Annales de chimie et de physique*, pendant cette active période de quinze ans (1816-1830) où il a dirigé ce recueil dans une voie si féconde, si utile aux progrès de toutes les sciences, se trouvaient disséminées une foule de Notes sur la pluie, sur ses variations avec les saisons, avec les lieux, avec les hauteurs, sur son influence relativement à ce qu'on appelle le climat. J'ai été chargé du soin de réunir tous ces documents en un corps de Notice scientifique. En 1852, M. Arago m'a dicté la courte introduction qui est en tête de ce travail ; il a voulu ensuite y mettre le rapport qu'il a bien voulu faire sur un Mémoire relatif à des expériences que j'avais entreprises sous ses auspices dans le but de déterminer la composition des matières contenues dans les eaux

pluviales ; par ce Mémoire la permanence de l'ammoniaque, de l'acide nitrique et de divers sels, notamment du chlorure de sodium, dans l'atmosphère terrestre se trouve mise en évidence.

Sous le numéro II se trouve placée une Note relative aux quantités de pluie qui tombent à diverses hauteurs au-dessus du sol. C'est en 1816 que M. Arago fit établir deux récipients destinés à recevoir et à mesurer la pluie tombée tant dans la cour de l'Observatoire que sur les terrasse de l'établissement, à 29 mètres plus haut environ. Il découvrit ainsi que dans un même lieu la quantité de pluie tombée diminue généralement à mesure qu'on s'élève. Les divers articles qu'il écrivit sur ce sujet dans les *Annales de chimie et de physique* en 1817, 1818, 1819 et 1826, ont été réunis par mon vénéré maître qui m'a chargé d'ailleurs de compléter jusqu'à 1853 les tableaux résumant les observations.

Sous les numéros III et IV sont placés les résumés de toutes les observations faites à Paris depuis 1689 jusqu'à 1853 tant sur les quantités moyennes de pluie tombées annuellement, que sur le nombre moyen de jours de pluie ou de neige. Ces Notes ont été écrites en 1852.

Quelles sont les variations qu'éprouvent d'une année à l'autre les quantités de pluie tombant dans le même lieu ? Y a-t-il dans ce phénomène de simples oscillations, et quelle est l'importance des écarts observés ? Ou bien a-t-on constaté une décroissance continue, ou au contraire un accroissement prononcé dans la fréquence ou l'abondance des pluies d'où on puisse conclure un changement dans la constitution des climats ? Ces questions

sont examinées à fond dans la Note numéro v qui se compose de la réunion de divers articles insérés de 1824 à 1827, soit dans les *Annales de chimie et de physique*, soit dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, et de quelques passages inédits provenant du dépouillement des registres d'observations.

Sous le numéro vi j'ai placé les discours prononcés en 1836 et 1838 par l'illustre physicien à la Chambre des députés, à propos de la discussion d'une proposition sur la liberté du défrichement des forêts, qui avait conduit naturellement les orateurs à débattre la question de savoir si le déboisement, exécuté sur une vaste échelle, modifie les climats. M. Arago s'attacha à montrer alors le grand nombre de faits qu'il serait utile d'observer et de contrôler pour bien résoudre toutes les parties d'une question très-complexe, quoiqu'il n'y ait aucun doute cependant à conserver sur la réalité de l'influence exercée. Le doute commence seulement à naître lorsqu'on veut se rendre compte des causes qui font varier l'importance et le sens de l'action produite sur les températures extrêmes et moyennes, sur la pureté de l'atmosphère, sur l'état hygrométrique et électrique de l'air, et sur tant d'autres circonstances encore mal définies.

Les cadres des tableaux placés dans les Notes numéros vii, viii, ix sur la répartition des pluies entre les différentes saisons à Paris et dans quatre-vingts autres stations météorologiques situées dans toutes les parties de l'Europe, sur la variation des pluies avec la latitude, sur la relation existant entre les quantités de pluie tombant le jour et les quantités de pluie qui tombent la nuit, sur

les pluies dans les régions tropicales et en Egypte, ayant été dressés par mon illustre maître, je me suis efforcé de les remplir d'après les nombreuses notes qu'il avait réunies sur ces divers sujets et qu'il m'a donné à dépouiller.

La Note XIII sur les pluies mêlées de corps étrangers est formée de la réunion de quatorze articles publiés soit dans les *Annales de chimie et de physique*, soit dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, à des époques peu éloignées de celles où les faits ont été observés. M. Arago a conclu de l'ensemble de ces documents que les pluies colorées sont un simple mélange de l'eau météorologique et de diverses poussières arrachées à la terre par les vents et transportées au loin dans l'atmosphère.

La Note XIV sur les neiges rouges avait été publiée en 1819 dans les *Annales de chimie et de physique;* M. Arago y a ajouté en 1852 cette conclusion que, tandis que la coloration des pluies rouges tient à la présence de matières minérales, les neiges rouges doivent leur teinte remarquable à des corpuscules organiques.

La Note XV sur les pluies par un temps serein est formée de la réunion de communications faites à l'Académie des sciences en 1837, 1838, 1840 et 1844.

M. Arago a écrit en 1835 la Note numéro XVI sur les prétendues pluies de crapauds. Tout en appelant de nouvelles études sur le phénomène, il penche vers l'opinion de Théophraste, qui regardait comme probable qu'après des pluies survenues à la suite de sécheresses, et à certaines époques, ces animaux pouvaient en grand nombre sortir du sol.

Les Notes XVII et XVIII sur les pluies d'une abondance extraordinaire observées, soit sur terre, soit en pleine mer, sont composées de courtes notes manuscrites ou de diverses communications faites en 1827 et 1839 à l'Académie des sciences; elles fixent les idées sur les conditions nécessaires pour qu'on regarde une pluie comme exceptionnelle.

Pendant tout le temps qu'il publia des résumés météorologiques annuels pour les *Annales de chimie et de physique*, mon vénéré maître prit soin de faire connaître les fluctuations des hauteurs de l'eau dans la Seine; plus tard, il continua à réunir des documents sur ce sujet, afin de composer une Notice sur les crues de ce fleuve, sur les grandes inondations observées à Paris et le régime comparé de ce grand cours d'eau dans le passé et dans le présent. J'ai publié le travail de l'illustre physicien tel qu'il l'a laissé, en complétant seulement ses tableaux d'après les indications qu'il m'avait données.

La Notice sur la grêle avait été publiée dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1828, avec diverses autres notes météorologiques dont j'ai déjà parlé; je l'ai reproduite sans aucun changement.

La Note sur la composition de l'eau est une réponse, publiée en 1840 dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, à quelques critiques dont un passage de la Notice biographique sur Watt avait été l'objet en 1840 dans le sein de l'Association britannique pour l'avancement des sciences. Les critiques portaient sur la part

que M. Arago a faite à Priestley et à Watt dans une des plus grandes découvertes de la chimie à la fin du XVIIIe siècle. M. Arago a pris soin de conserver l'énoncé de l'adhésion complète que M. Dumas avait donnée à son opinion.

En 1833, 1835, 1836 et 1846, M. Arago prononça à la Chambre des députés cinq discours très-courts sur l'assainissement des lagunes; sur le rôle que les indigènes pourraient jouer dans la colonisation de l'Algérie; sur diverses améliorations faites et encore à faire à l'Observatoire de Paris; sur les fautes commises dans la construction de l'église de la Madeleine; sur un embranchement du chemin de fer à construire entre Narbonne, Perpignan et Port-Vendres. J'ai réimprimé ces discours, qui tous contiennent des faits ou des appréciations d'un réel intérêt.

Les lettres au maire de Toulouse sur le nouvel Observatoire qu'on se proposait en 1839 de construire dans cette ville; au président de la république de Bolivia relativement à la mesure de l'arc du méridien de Santa-Cruz; au préfet des Pyrénées-Orientales sur les améliorations à exécuter à Port-Vendres; au ministre de l'intérieur relativement à l'importance qu'il y avait à mettre les découvertes de MM. Niepce et Daguerre dans le domaine public en accordant aux illustres inventeurs ou à leurs familles une récompense nationale, donnent des exemples de la noble simplicité de la correspondance de l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie des

sciences. La lettre par laquelle il refuse toute candidature à l'Académie française est un acte qui mérite d'être conservé.

Les Notes relatives à la fabrication des essieux de l'artillerie, à divers modes de figurer sur les cartes topographiques le relief des terrains, ont été rédigées en 1825 et 1827; elles étaient restées inédites; je les ai imprimées d'après des manuscrits entièrement de sa main. Elles proviennent des rapports alors fréquents de M. Arago avec le ministère de la guerre. Ces rapports s'expliquent facilement parce que l'illustre physicien, examinateur pour l'arme du génie à l'École d'application de Metz, était souvent appelé à faire partie de commissions où se discutaient les questions scientifiques que soulèvent les nécessités de l'armement et de la défense du pays.

Le plan de nouvelle organisation militaire de la France, dans lequel l'illustre savant expose le rôle plus considérable qu'il eût voulu voir jouer aux gardes nationales dans le système de défense de la patrie, de manière à permettre une forte réduction dans le budget, a été rédigé en 1832; le manuscrit qui a servi à l'impression est de la main de M. Arago.

Le discours sur la réforme électorale, prononcé en 1840 à la Chambre des députés, quoiqu'une œuvre essentiellement politique, se rattache encore à la science par la manière dont la question est traitée. La méthode d'examen et de raisonnement employée est entièrement

IX. — Résumé.

Depuis le moment où en 1805 il sortit de l'École polytechnique pour entrer à l'Observatoire de Paris, jusqu'à sa mort, en 1853, M. Arago n'a pas cessé, ainsi que le démontrent les détails dans lesquels j'ai été obligé d'entrer pour rester un historien fidèle et exact, de faire chaque année des expériences d'une importance le plus souvent tout à fait capitale. En même temps il a composé quarante-sept Notices biographiques, trente-trois Notices scientifiques, cinquante-six Mémoires ou Notes sur des faits nouveaux qu'il a découverts ou éclaircis, soixante-trois Rapports faits à l'Académie des sciences, au Bureau des Longitudes ou à la Chambre des députés. Il a en outre rédigé son *Traité d'Astronomie populaire*, et, comme secrétaire perpétuel de l'Académie, fait dix discours funéraires; enfin il est monté à la tribune de la Chambre des députés pour prononcer cinquante-trois discours où la science a été toujours son point de vue principal. En joignant à tous ces travaux différentes Notes publiées dans la *Connaissance des Temps*, l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, les *Annales de chimie et de physique*, les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, le *Bulletin de la Société philomatique*, on trouve un total de près de cinq cents écrits divers. Il ne s'est pour ainsi dire pas écoulé un mois sans qu'il ait fait une communication de son propre fonds aux corps sa-

vants auxquels il a appartenu. Je ne compte pas les brillants comptes rendus qu'il donnait des Mémoires dont la présentation lui était confiée par tous les savants du monde. Dans ses improvisations académiques il mettait tant de chaleur et de talent que les auteurs qui sortaient de l'entendre trouvaient presque toujours qu'il avait fait ressortir les points saillants de leurs travaux beaucoup mieux qu'ils n'auraient pu le faire eux-mêmes. Après l'avoir écouté, les inventeurs avaient une plus haute idée de leurs propres découvertes.

M. Arago ne pensait pas que les académiciens fussent rigoureusement tenus à faire des rapports sur tous les travaux présentés à l'Académie des sciences; il professait l'opinion que, sauf des circonstances exceptionnelles, les rapports académiques n'étaient pas nécessaires pour mettre en évidence les travaux d'un véritable mérite; selon lui, la prompte publicité des Mémoires était la chose importante, l'impression créant seule des titres scientifiques qui finissent par donner à chacun le rang qui lui appartient. Cependant il regardait comme un devoir d'encourager les hommes se vouant au culte de la science, et comme, durant sa longue carrière d'académicien, il a fait en moyenne plus d'un rapport par année, on peut dire que nul n'a pris tant de soin de protéger les jeunes savants. Son influence sur le mouvement des sciences dans la première moitié du XIX[e] siècle a été immense; par ses conseils comme par ses travaux, un grand nombre de voies nouvelles se sont ouvertes, et un grand nombre de vérités ont été conquises.

Bien souvent on a répété que l'illustre secrétaire per-

pétuel de l'Académie s'était laissé détourner de l'étude des sciences par les occupations politiques. N'apercevant que le rôle brillant de l'orateur de l'opposition, quelques-uns affirmaient que, depuis qu'il était devenu membre de la Chambre des députés, il avait cessé de travailler utilement pour la science. Mais ses œuvres témoignent d'un bout à l'autre que jamais il n'a abandonné aucune de ses recherches. Il y a même ceci de saillant et de tout à fait remarquable dans sa manière de travailler, qu'il portait pendant de longues années ses méditations sur plusieurs sujets à la fois, quoique presque tous ces sujets exigeassent une attention soutenue et fussent d'une nature ardue. Souvent dans la même journée, après les distractions de la vie politique ou de la vie du monde, il faisait les expériences ou écrivait successivement sur plusieurs matières différentes. Il quittait sans peine une question d'astronomie pour traiter une question de physique ou de météorologie, ou même pour étudier quelque projet de loi, ou écouter les nombreux savants qui venaient lui demander des conseils ou des recommandations. Lorsqu'un problème le préoccupait fortement et qu'il n'en trouvait pas immédiatement une solution satisfaisante, il cessait momentanément de s'en occuper et cherchait dans d'autres sujets une diversion profonde. C'est ainsi qu'en changeant souvent de point de vue, son regard ne se fatiguait pas. Son intelligence, reposée par la variété des conceptions, revenait avec une vigueur nouvelle pour franchir les obstacles que d'abord elle n'avait pu vaincre. Il mit, pendant toute sa vie, à profit un conseil qui l'avait frappé dans sa jeunesse, celui de

d'Alembert à un jeune homme arrêté par des difficultés dans ses études mathématiques : « Allez en avant, monsieur, et la foi vous viendra. » Par sa persévérance à sonder les mystères de la nature, l'illustre physicien fit en mille occasions jaillir la lumière.

A tous ses travaux, qui dénotent une opiniâtreté et une énergie bien rares, M. Arago joignait encore de très-nombreuses lectures. Sa mémoire était extrême ; il se souvenait de passages tout entiers qu'il n'avait fait que lire il y avait bien des années. Il se plaisait même à réciter de longues pièces de vers. Dans ses lectures, il avait l'habitude de prendre souvent des notes, et bien des fois c'est sur la marge même des livres qu'il inscrivait ses réflexions. Je citerai quelques-unes de celles que je trouve sur les volumes qu'il m'a laissés.

— Mot très-juste de Fontenelle : « En fait d'astronomie, il vaut mieux voir que calculer. »

— Delambre remarque avec raison qu'en France, lorsqu'il s'agit d'autorité à accorder aux savants, les préférences sont toujours assurées aux étrangers.

— Platon a dit que la géométrie et l'arithmétique sont les ailes de l'astronomie ; outre les ailes, les oiseaux ont une queue qui leur sert de gouvernail ; dans l'astronomie, le gouvernail est, suivant Horrockes, dans les causes physiques ; mais le véritable gouvernail est l'observation.

— Kepler avait raison de dire : « Je n'aurais pas cédé mes ouvrages pour le duché de Saxe. »

— Aujourd'hui, comme du temps de Kepler, les géomètres se donnent souvent beaucoup de peine pour des questions inutiles.

— Proverbe arabe : « Parlez vaut quelquefois de l'argent; se taire vaut toujours de l'or. »

— Pensée de Benjamin Constant : « Il n'y a aucun but qui mérite aucun effort. » Réfuter cette pensée dans l'occasion.

L'illustre savant aimait aussi à consigner, le soir, dans ses carnets, quelques-unes des anecdotes qu'il avait entendues pendant la journée.

En voici une sur Newton : « De fortes études sont généralement préconisées comme un remède infaillible contre de vives douleurs morales. On a tort de prétendre qu'elles ont aussi le pouvoir de calmer les passions. Voyez Newton! Au milieu de ses sublimes conceptions, il avait formé le projet d'aller rejoindre ses coreligionnaires des Cévennes pour y combattre les dragons de Louis XIV. Un événement fortuit fit manquer son projet, lorsque tout était déjà préparé pour le départ. — Je tiens l'anecdote de lord Brougham. »

L'anecdote suivante témoigne que l'esprit gaulois était aussi celui de l'illustre astronome : « M. Arnaud conduit un jeune poëte chez un poëte célèbre. Le pauvre enfant

reçoit un accueil très-froid. Arnaud en demande la raison : — C'est, répond l'homme illustre, que ce versificateur manquera toujours d'inspiration et de sensibilité. – Et à quel signe l'avez-vous reconnu, s'il vous plaît? – C'est qu'il n'a pas été ému en me voyant. »

Néanmoins, la bonté même pour les plus petits et les plus faibles était le caractère de M. Arago. Il aimait à élever et non pas à abaisser ceux qui l'approchaient. Les enfants et les femmes se groupaient souvent autour de lui pour l'entendre parler; jamais il n'était plus heureux que lorsqu'il avait, avec de douces paroles, semé l'amour de la science autour de lui.

Ce n'est pas la vie de mon vénéré maître que je me suis proposé d'écrire. J'ai seulement cherché à faire connaître ses travaux scientifiques et à préciser les circonstances au milieu desquelles ils ont été accomplis. Cependant le tableau que j'ai tracé serait incomplet si je n'ajoutais pas encore quelques lignes.

Après la mort de l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie une souscription nationale a été ouverte dans le dessein d'élever un monument qui attestât à la postérité la reconnaissance et le respect des contemporains pour l'homme de génie que ses découvertes avaient mis au premier rang parmi les grands hommes du XIXe siècle.

Il a été décidé que ce monument serait un tombeau et une commission a été nommée pour veiller à son érection.

La commission a été composée de MM. Combes, président de l'Académie des sciences l'année de la mort de

M. Arago, président; Flourens, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences; Villemain, secrétaire perpétuel de l'Académie française; Jomard, membre de l'Académie des inscriptions; Horace Vernet, membre de l'Académie des beaux-arts; L. Havin, ancien président de l'Assemblée constituante, directeur politique du *Siècle;* Barral, secrétaire.

Le monument construit par M. Duban, membre de l'Académie des beaux-arts, consiste en un cippe de granit surmonté du buste monumental en bronze de l'illustre astronome, dû au ciseau de David. Sur chacune des quatre faces du cippe sont gravées les inscriptions suivantes :

I

FRANÇOIS ARAGO

SOUSCRIPTION NATIONALE ET ÉTRANGÈRE

II

PROLONGATION DE LA MÉRIDIENNE
POLARISATION COLORÉE
MAGNÉTISME DE ROTATION
MÉTHODE ET OBSERVATIONS PHOTOMÉTRIQUES

III

NÉ A ESTAGEL LE 26 FÉVRIER 1786
MEMBRE DE L'INSTITUT, 1809; DU BUREAU DES LONGITUDES, 1822
SECRÉTAIRE PERPÉTUEL DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, 1830
DIRECTEUR DE L'OBSERVATOIRE, 1843
MORT A PARIS LE 2 OCTOBRE 1853

IV

MEMBRE DE LA CHAMBRE DES DÉPUTÉS, 1831 A 1848
DU CONSEIL MUNICIPAL DE PARIS, 1830 A 1851
DU GOUVERNEMENT PROVISOIRE
ET PRÉSIDENT DE LA COMMISSION EXÉCUTIVE, 1848

Encore un fait. Comme ministre de la marine en 1848 et membre du gouvernement provisoire, M. Arago fit adopter et signa l'acte d'abolition de l'esclavage dans les colonies françaises. On lui demanda de ne pas décider la mise en liberté immédiate des esclaves, de n'ordonner leur affranchissement que par termes successifs, il répondit : « Je ne remettrai pas au lendemain un acte qui libère des opprimés. Si je ne signais pas aujourd'hui, qui sait si l'esclavage ne durerait pas encore de longues années sur le sol français ! »

L'abolition de l'esclavage a eu lieu sans amener aucune des terribles catastrophes qu'on prédisait au grand citoyen.

Cet acte honore sa mémoire comme ses découvertes honorent sa patrie.

J.-A. BARRAL.

TABLE

DE LA NOTICE CHRONOLOGIQUE

SUR LES ŒUVRES D'ARAGO

Pages.

TABLE DES AUTEURS

ET DES PERSONNAGES CITÉS

TABLE DES AUTEURS

ET DES PERSONNAGES CITÉS

A

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

V

W

X

Y

Z

FIN DE LA TABLE DES AUTEURS.

TABLE COSMIQUE

SIGNES D'ABRÉVIATIONS

EMPLOYÉS DANS LA TABLE COSMIQUE

Brg.............................	Bourg.
Const...........................	Constellation.
Ch. de Mt.......................	Chaîne de montagnes.
Cr. lun.........................	Cratère lunaire.
Dt..............................	Département.
Ét..............................	Étoile.
Fl..............................	Fleuve.
Golfe lun.......................	Golfe lunaire.
Mer lun.........................	Mer lunaire.
Mt..............................	Montagne ou mont.
Mt. lun.........................	Montagne lunaire.
Pl..............................	Planète.
Riv.............................	Rivière.
V. T. M.......................	*Voir* Table des matières.
Vil.............................	Ville.
Vg..............................	Village.
Volc............................	Volcan.

TABLE COSMIQUE

A

B

C

D

F

G

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

FIN DE LA TABLE COSMIQUE.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES

A

B

F

G

H

I

K

L

M

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

TABLE DES MATIÈRES

DE CE VOLUME.

PARIS. — IMPRIMERIE DE J. CLAYE, RUE SAINT-BENOIT, 7.